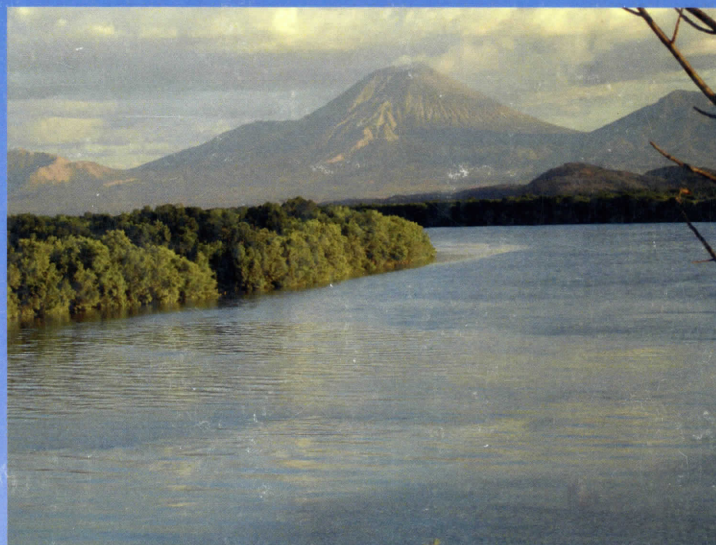
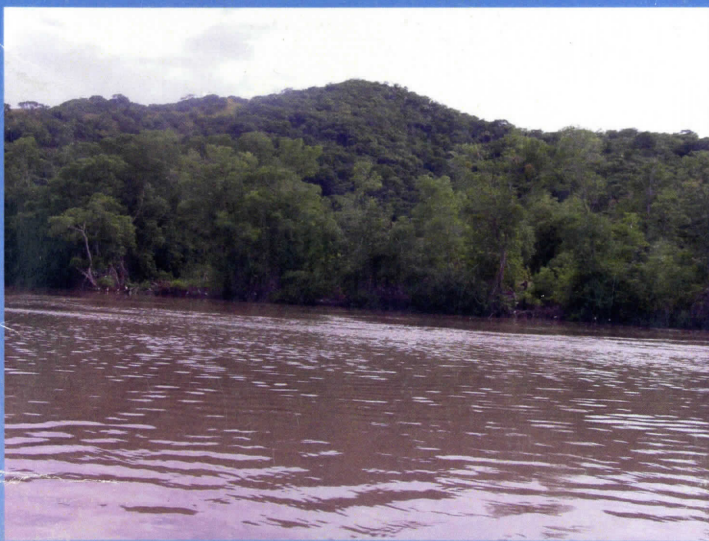


# Calidad de Agua del Estero Real de Nicaragua

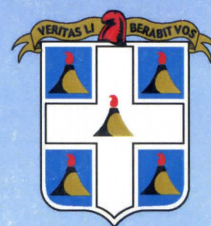
*Período 2001 - 2006*



**Autores:**

**Msc. Agnés Saborío**

**Msc. María José Almanza**



**UCA**  
Universidad  
Centroamericana





# Calidad de Agua del Estero Real de Nicaragua

*Período 2001 - 2006*



*Autores:*

*Msc. Agnés Saborío*

*Msc. María José Almanza*





## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo fue realizado gracias al apoyo financiero de Fondos Contravalor del Japón, Universidad de Auburn a través de los fondos de la Agencia Internacional para el Desarrollo de Estados Unidos (USAID), Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), Unión Europea, Asociación Nicaragüense de Acuicultores (ANDA) y el Centro de Investigación de Ecosistemas Acuáticos de la Universidad Centroamericana (CIDEA-UCA).



---

**Directora de Investigación**

*MSc. Agnés Saborío Coze*

**Investigadores**

*MSc. Agnés Saborío Coze*  
*MSc. María José Almanza Abud*

**Colaboradores**

*Ing. Juan Ramón Bravo*  
*Br. Wendell Selaxza*  
*Br. Oscar Montoya*  
*Lic. Eufrecia Balladares*

---

**Edición y diseño**

*MSc. María José Almanza Abud*  
*Lic. Raúl Lenín Rivas*



## RESUMEN

El presente estudio determina la calidad del agua desde el punto físico-químico en el Estero Real de Nicaragua durante un período de seis años (2001-2006). Para ello, se monitorearon catorce estaciones, doce de ellas localizadas en el estero madre (El Chorro, Dos Aguas Grandes, Camilo Ortega, Dos Agüitas, Puerto Morazán, Palomino, Frixa, Palo Blanco, Cooprocám, Llano Verde, La Polvosa, Puente Real) y dos en los esteros tributarios Torrecillas y Perejiles. Se tomaron muestras de agua mensualmente en cada estación de monitoreo para ser sometidas a análisis en el laboratorio de físico-química del CIDEA y poder determinar los parámetros físicos así como los nutrientes y metabolitos tóxicos. Para el análisis de las muestras de agua en el laboratorio, se emplearon los métodos normados establecidos en el "Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater 20th Edition".

Los resultados indican que el Estero Real, se clasifica como un Estuario verticalmente mezclado, la salinidad se incrementa a medida que las aguas se acercan al Golfo de Fonseca. La salinidad está en dependencia de la pluviosidad y los meses del año, no hay una estratificación vertical salina. Los valores de pH en un período de 6 años se han mantenido entre 7.5-7.8, manteniéndose el mismo comportamiento en los últimos dos años (2005 y 2006). El pH en el Estero Real no depende de la temperatura, predomina un pH ligeramente alcalino y no existen variaciones entre estaciones de muestreo.

La temperatura no presenta cambios o fluctuaciones marcadas durante los cambios de marea, ni a lo largo de la columna de agua, ni entre estaciones de muestreo, se observa una diferencia de temperatura de 2.0°C entre la temperatura del aire y la del agua. No existe una tendencia de estratificación superficial y vertical del agua en el Estero Real por efectos de la temperatura y tampoco existe diferencia significativa entre estaciones de muestreo. La temperatura no es un factor determinante en la concentración de oxígeno disuelto en el agua del Estero Real. Los niveles de oxígeno disuelto en el Estero no son inversamente proporcionales a la temperatura del agua, lo que significa que los valores bajos registrados no se deben a las temperaturas registradas.

Los sólidos suspendidos en el año 2006, presentaron un incremento del 71% en relación al año 2005; las estaciones en donde se registraron los valores más altos fueron: Dos aguas grandes, Dos Agüitas, Puerto Morazán, Palo Blanco, Cooprocám, Llano verde, La Polvosa y Perejiles. La mayor deposición de sólidos suspendidos totales en el Estero Real se da en los meses de verano, lo cual se debería relacionar con los vientos, suelos desprovistos de vegetación, pendiente del suelo, épocas de período de cultivos (maní, sandía, maíz y otros) que se cultivan. En algunos puntos de muestreo los valores de sólidos sedimentables disminuyeron con respecto al año 2005; las estaciones localizadas en la parte media del Estero Real y que registraron valores altos de sólidos sedimentables son influenciadas por el depósito de sedimentos finos, y las estaciones localizadas en la parte opuesta al Golfo de Fonseca son influenciadas por depósitos de sedimentos gruesos (arenas) provenientes de la cuenca alta del Estero y por la influencia de las mareas. Sin embargo, no se sabe con certeza si los depósitos de sedimentos en todo el Estero Real están conformados por otros materiales debido a la depresión tropical originada por el huracán Mitch (ocurrido en el año de 1998).



Los valores de transparencia durante un período de 6 años se han mantenido entre 16-21 cm., se observó una disminución en el año 2005 (12 cm.) para incrementar en el 2006. La mayor transparencia se presentó en las proximidades al Golfo de Fonseca, siendo el valor máximo registrado de 57cm (correspondiendo a los años 2002, 2003 y 2005). La transparencia disminuye a medida en que se aleja del Golfo de Fonseca, los valores más bajos de transparencia se registran en las estaciones en donde las concentraciones de sólidos suspendidos son altos, la productividad primaria es muy pobre, se han identificado 3 clases de fitoplancton, siendo éstas: Chlorophyta (5 géneros), Bacillariophyta (23 géneros) y Cyanophyta (5 géneros), la clase que más predominó fue Bacillariophyta, seguido por Cyanophytas. De igual manera los nutrientes son muy pobres, la  $\text{DBO}_5$  tiene una tendencia a disminuir y el amonio presentó un incremento en el periodo 2001-2004, disminuyendo en el 2005-2006. Se sabe que el Estero Real, es un estero que presenta valores muy bajos de clorofila a, indicando una pobre productividad primaria y que el gradiente de salinidad cumple una función muy importante en la determinación de la distribución de comunidades de plantas, animales y microorganismos dentro del estuario, por ello se dice que los estuarios no son centros de biodiversidad.

La productividad primaria del Estero Real es muy pobre. Existen diferencias estacionales del fósforo total a través de los años. En los años 2001-2002, se observan diferencias estacionales mínimas del fósforo total; siendo hasta en el año 2003 en donde inician las variaciones estacionales, correspondiendo la mayor concentración de fósforo total al periodo de invierno.

El nitrógeno total tiene un comportamiento ascendente, registrándose un promedio anual de 0.19 mg/l hasta alcanzar un promedio anual de 1.59 mg/l para el año 2006. Sin embargo, existen valores máximos los cuales han sido cerca de 16.0 mg/l en el punto Perejiles, correspondiendo al año 2005 y cerca de 7.0 mg/l en el año 2006, correspondiendo al mismo punto de muestreo.

El nitrato es estable ante una gran variedad de condiciones medioambientales y es fácilmente transportado en aguas superficiales y subterráneas. Las estaciones de muestreo que han presentado los valores más altos durante los 6 años son: Puente Real, Torrecillas, La Polvosa, Dos Aguas Grandes, Palomino, El Chorro, Camilo Ortega y Dos Agüitas.

Existe una relación directamente proporcional entre el pH y el nitrito, manteniéndose constantes ambos parámetros a través de los años.

Existe una relación directamente proporcional entre la temperatura y el amonio, indicando que a mayor temperatura mayor amonio; no existe una relación directamente proporcional entre el pH y el amonio.

La calidad del agua en el Estero Real se encuentra influenciada por actividades antropogénicas, culturales, uso de plaguicidas y fertilizantes agroquímicos que se aplican en las zonas de cultivo; alimentos y fertilizantes que se aplican en las granjas camaroneras; la presencia de letrinas no adecuadas; manejo inadecuado de las áreas de



## ACRONIMOS

<b>AdPesca:</b>	Administración de la Pesca.
<b>CIDEA:</b>	Centro de Investigación de Ecosistemas Acuáticos.
<b>CATIE:</b>	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
<b>CIC-UCA:</b>	Centro de Investigación del Camarón-Universidad Centroamericana.
<b>FAO:</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
<b>INETER:</b>	Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales.
<b>INPESCA:</b>	Instituto Nicaragüense de la Pesca y Acuicultura.
<b>MAF:</b>	Mecanismo de Amortiguamiento de los Fosfatos.
<b>MEDEPESCA:</b>	Ministerio de Economía de la Pesca.
<b>PRADPEPESCA:</b>	Programa Regional de Apoyo al Desarrollo de la Pesca.
<b>UCA:</b>	Universidad Centroamericana.
<b>UICN:</b>	Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza.

pasto y adicionalmente falta un sistema de regulación por parte de las autoridades competentes que ayuden a mejorar el uso y aprovechamiento racional del recurso considerándose una zona de gran importancia económica (camaroneras, banano, etc.) y ambiental para el país por ser un sitio Ramsar y un área protegida.

**Ficha Técnica:**

Saborío, Agnés; Almanza, María José. 2008. Calidad de Agua del Estero Real de Nicaragua, período 2001-2006. 49 páginas.



## INDICE DE CONTENIDO

No. de páginas

<b>I. INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>II. ANTECEDENTES.....</b>	<b>2</b>
<b>III. OBJETIVOS .....</b>	<b>3</b>
<b>IV. METODOLOGIA.....</b>	<b>4</b>
<b>4.1 Área de estudio .....</b>	<b>4</b>
<b>4.2 Materiales y método .....</b>	<b>4</b>
4.2.1 Toma de muestras .....	4
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSION .....</b>	<b>6</b>
<b>5.1 Características físico-químicas de la Calidad del agua .....</b>	<b>6</b>
Salinidad en el Estero Real .....	6
Conductividad.....	13
pH.....	13
Temperatura .....	15
Oxígeno disuelto .....	17
Sólidos suspendidos totales y sedimentables .....	18
Transparencia y clorofila a.....	25
Fósforo total y nitrógeno total .....	26
DBO <sub>5</sub> .....	32
Amonio .....	33
Nitratos.....	34
Nitritos .....	35
Dureza total .....	36
Alcalinidad total .....	37
<b>VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>39</b>
<b>VII REFERENCIA BIBLIOGRAFICA .....</b>	<b>42</b>

## I. INTRODUCCION

El Estero Real está ubicado en el extremo Sureste del Golfo de Fonseca, en la región Nor-Occidental de Nicaragua en el Departamento de Chinandega y pertenece al gran Sistema Estuarino denominado como Golfo de Fonseca. Es el río más largo del occidente de Nicaragua y recorre 137 km. desde sus nacimientos cerca de El Sauce y Achuapa; también drena el 95% de las lluvias del occidente de Nicaragua (27).

El área alrededor acoge a varias comunidades que subsisten de una combinación de pesca, extracción de mangle y agricultura artesanal. Puerto Morazán es la comunidad más grande del área. Un estudio realizado en 1991 por la Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (UICN/CATIE), hizo una estimación de 1,500 personas en Puerto Morazán compuesto en 200-250 familias. El Ministerio de Economía, Dirección de la Pesca (MEDEPESCA) antigua institución encargada de la regulación de la actividad pesquera en el país, ahora Instituto Nicaragüense de la Pesca (INPESCA) estimó para 1994 una población de 2,000 personas. La mayoría de los habitantes se dedican a la pesca, cultivo de camarón, y extracción de mangle para leña y comercialización (27 y 8).

La cuenca del Estero Real es considerada la cuenca más grande del occidente país, las características de los suelos, la disponibilidad de agua, suelo y bosque permiten que se desarrollen diversas actividades tales como la agricultura, la ganadería, pesquerías, establecimiento de núcleos poblacionales, industrias de productos no tradicionales, que en décadas atrás eran poblaciones muy pequeñas que hacían uso de los recursos para subsistencia.

Desde la década de los 80 se descubrió que Nicaragua tiene un gran potencial para la camaronicultura, localizándose la mayor potencialidad en el Estero Real.

Algo muy importante a destacar es que la cuenca es amenazada por la presencia de volcanes que en años atrás han dado lugar a fuertes explosiones volcánicas y actividades telúricas en menor escala. Siendo los suelos de la cuenca de origen volcánicos, muy susceptibles a la erosión.

El ecosistema estuarino Delta del Estero Real, pertenece al gran sistema estuarino denominado Golfo de Fonseca, que es compartido por Nicaragua, Honduras y El Salvador. Dicho humedal es un ecosistema de manglar que cubre más de 70 mil hectáreas de esteros y bosques de mangle, en el que se desarrollan en la parte baja de la cuenca el cultivo de camarón bajo el sistema de producción semi-intensivo, pesca y agricultura (27).

Según el sistema de clasificación de “Tipos de Humedal” de Ramsar, el Estero Real es un humedal marino-costero y un humedal continental. Las razones consideradas para la inclusión dentro de los criterios Ramsar son: Criterios para humedales representativos o únicos, Criterios generales basados en la fauna y la flora, Criterios específicos basados en aves acuáticas (27).



Dada la importancia económica que representa el Estero Real por desarrollarse la mayor actividad camaronera del país, por ser un área protegida y un sitio Ramsar, es necesario monitorear la calidad del agua, conocer el comportamiento de las diferentes variables físico-químicas que permita generar información para tomar decisiones en cuanto al uso y manejo del recurso.

El presente documento representa la interpretación de parámetros físico-químicos, medidos durante los años 2005-2006, así como una relación del comportamiento de los datos obtenidos de los muestreos realizados durante el período 2000-2004 en las 14 estaciones de monitoreo localizadas en el Estero Real y dos tributarios.

## II. ANTECEDENTES

En la década de los 80 se descubrió que Nicaragua tiene un gran potencial para la camaronicultura, localizándose la mayor potencialidad en el Estero Real. Siendo así, que el gobierno cuenta con un especialista extranjero para realizar un estudio sobre el potencial de estas áreas y planificar un plan de ordenamiento del desarrollo de la camaronicultura en el Estero Real (10).

Este fue el primer estudio en donde se determinó el comportamiento de las mareas, el tiempo de recambio, las áreas aptas para el establecimiento de granjas camaroneras, los salitrales y manglares. Con el establecimiento de las granjas camaroneras, se dio la necesidad de monitorear la calidad del agua del Estero Real. Siendo en la década de los 90, donde se inició un programa de monitoreo por cinco meses financiado por la Unión Europea a través de PRADEPESCA.

Los monitoreos fueron realizados de forma irregular en esta década debido a la falta de financiamiento, cuatro estaciones localizadas en diferentes puntos del Estero Real eran monitoreadas para evaluar la calidad del agua mediante análisis físico-químico.

En el año de 1998, se dio un evento natural que ocasionó cambios en el Estero Real, la depresión tropical ocasionada por el huracán Mitch arrastró gran cantidad de sedimento proveniente de las partes altas de la cuenca provocando la deposición de sedimentos, dando lugar a una modificación en el fondo del estero.

Un estudio realizado por el Dr. Ward, Old Dominion University en el 2001, concluye que el Estero Real tiene todas las características de un Estero NEGATIVO durante la mayor parte del año, pero sobre todo desde noviembre hasta junio. Durante los meses de julio a octubre muestra un patrón POSITIVO, salvo en años de mucha sequía.

En el año 2000, el Centro de Investigación de Ecosistemas Acuáticos (CIDEA) de la Universidad Centroamericana llevó a cabo el monitoreo de forma continua en seis estaciones del Estero Real a diferentes estratos (superficie y fondo) y a partir del año 2001 hasta la fecha se empezó a monitorear 14 estaciones localizadas en el estero principal y tributarios (Torrecillas y Perejiles) con apoyo de Fondos Contravalor de Japón, Universidad de Auburn con fondos de USAID, Unión Europea, Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) y fondos propios de UCA-CIDEA.

Los monitoreos eran realizados cada quince días así como 11 perfiles de profundidad donde se medían el oxígeno disuelto, la temperatura, la salinidad y la velocidad de la corriente. Estos datos eran tomados en marea baja y marea alta. Así mismo, se monitorearon seis estaciones para análisis microbiológico y planctónico. A partir del año 2005, el monitoreo se empezó a realizar una vez al mes.

El objetivo de realizar un monitoreo de forma periódica es para contar con una base de datos que permita aplicar un modelo hidrológico y conocer la capacidad de carga del Estero Real, conociendo la capacidad de renovación del mismo.

Para conocer los cambios en la topografía del Estero Real, en el año 2002 el Centro de Investigación de Ecosistemas Acuáticos (CIDEA) realizó un estudio de batimetría en la que se contó con el financiamiento de la Universidad de Auburn, se trazaron y midieron transeptos de forma transversal y longitudinal y se compararon con una batimetría que fue realizada por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) en el año de 1977, las mediciones fueron realizadas en la desembocadura del Estero Real, Dos Aguas, Dos Agüitas, Estero Marota y Puerto Morazán.

Ambos estudios fueron comparados en el año 2004 con el apoyo de INETER y se comentan en el presente documento.

En los años 2005-2006 se elaboró el plan de manejo del Estero Real, la información generada por el CIDEA-UCA sobre calidad de agua, manglar y granjas camaroneras fue utilizada para la elaboración del documento en mención.

A partir del año 2006 a la fecha, la industria camaronera ha asumido el Monitoreo del Estero Real, el cual se realiza una vez al mes y se monitorean 14 estaciones de muestreo.

### **III. OBJETIVOS**

Conocer la calidad del agua en el Estero Real mediante el monitoreo y análisis físico-químico en muestras de agua.

Caracterizar la calidad del agua en el Estero Real e identificar cambios de comportamiento durante los años 2005-2006.

Determinar cambios de comportamiento del Estero Real mediante el análisis de los datos obtenidos en un período de 6 años.

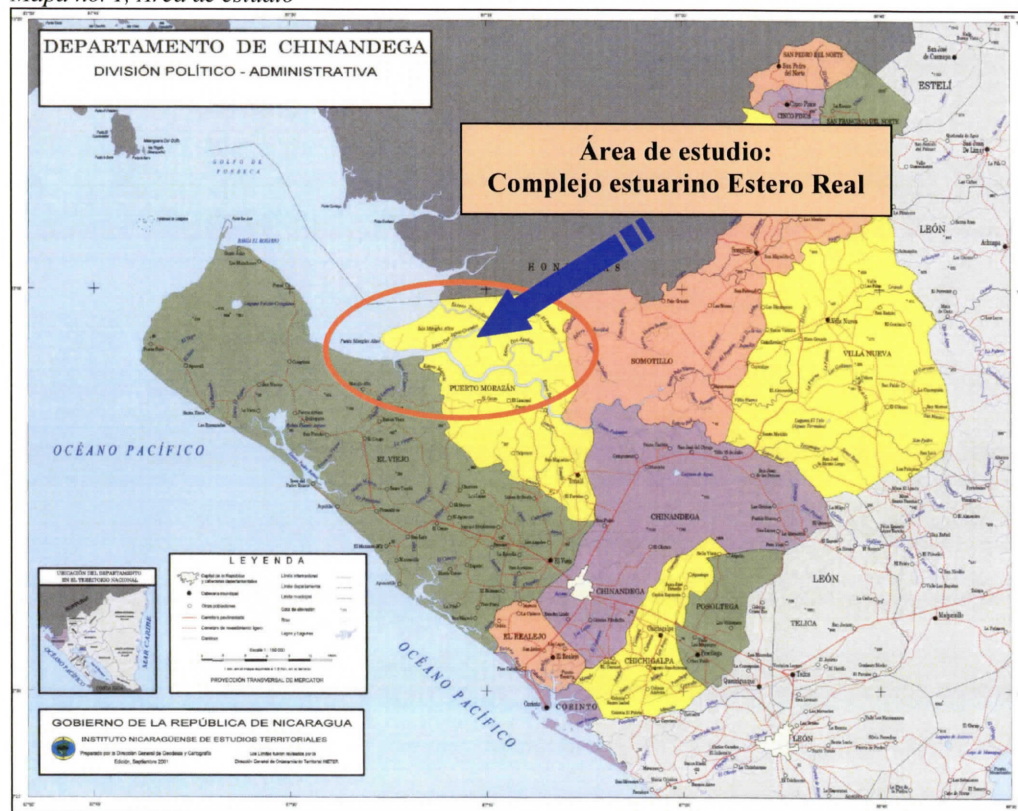


## IV. METODOLOGIA

### 4.1 Área de estudio

El Estero Real de Nicaragua se localiza en el departamento de Chinandega, pertenece a la cuenca no. 60, considerada la cuenca más grande de la vertiente del Pacífico (32).

Mapa no. 1, Área de estudio

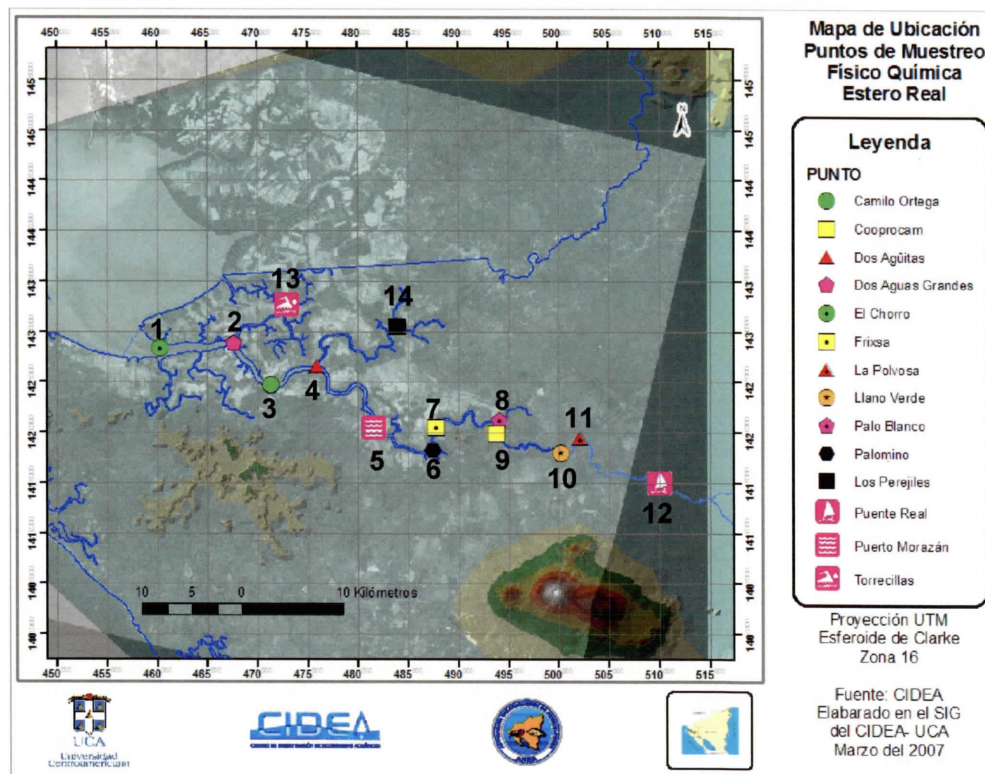


### 4.2 Materiales y método

#### 4.2.1 Toma de muestras

La toma de muestras de agua se realizó en el sistema estuarino Estero Real, en 12 puntos localizados a lo largo del Estero principal y 2 puntos localizados en dos esteros secundarios. Los puntos se encuentran localizados de manera equidistantes.

Mapa no. 2, Estaciones de monitoreo en el Estero Real.



Las muestras de agua fueron recolectadas mensualmente haciendo uso de una botella muestreadora, éstas fueron tomadas de la superficie de la columna de agua. Para ello, se utilizaron frascos de polietileno de 2 litros y colocados dentro de una hielera para garantizar una temperatura baja hasta el área de análisis.

Tabla No. 1, Estaciones de muestreo, coordenadas geográficas.

Estaciones de muestreo para la colección de muestras				
Período 2005-2006		No. de muestras	Ubicación	
No./Estaciones de muestreo			Coordenadas UTM X	Y
1	El Chorro	14	460357	1428336
2	Dos aguas grandes	14	467660	1428841
3	Camilo Ortega	14	471457	1424706
4	Dos Agüitas	14	475944	1426561
5	Puerto Morazán	14	481554	1420405
6	Palomino	14	487553	1418155
7	Frixsa	14	487856	1420529
8	Palo blanco	14	494159	1421176
9	Cooprocarn	14	493839	1419863
10	Llano verde	14	500295	1418030
11	La polvosa	14	502152	1414949
12	Puerto Morazán	14	510023	1414949
13	Torrecillas	14	472914	1432671
14	Perejiles	14	484033	1430481



Para la medición de los parámetros en campo se hizo uso del equipo YSI Modelo 85, el cual mide temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y conductividad. La transparencia se midió con el disco Secchi.

Para el análisis de las muestras de agua en el laboratorio, se emplearon los métodos normados del "Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater 20th Edition" y los que se encuentran en el manual de la universidad de Alabama "Water Quality and Pond Soil Analyses for Aquaculture" por los Dr. Claude E Boyd y Tucker Craig S., de Alabama Agriculture Experimental Station, Auburn University (Junio 1992), detallándose en la tabla no. 2:

Tabla No. 2. Métodos estándares empleados en el análisis de muestras en el laboratorio CIDEA.

<b>Métodos analíticos desarrollados</b>	
<b>Parámetro</b>	<b>Método normado</b>
Amonio (NH <sub>3</sub> -N)	Espectrofotométrico
Nitrato (NO <sub>3</sub> -N)	Espectrofotométrico
Nitrito (NO <sub>2</sub> -N)	Espectrofotométrico
Fósforo total	Espectrofotométrico
Nitrógeno total	Espectrofotométrico
Clorofila a	Extracción con acetona
DBO <sub>5</sub>	Test 5 días
Sólidos suspendidos totales	Gravimétrico
Sólidos sedimentables	Conos Inhoff
Alcalinidad total	MN 2320A Estándar Método para Análisis de Aguas residuales y/o potables 20 Ed.
Dureza total	Titulométrico
pH	Potenciométrico, Validado por el Laboratorio

FUENTE: *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater. 1998. 20th Edition (1).*

Los datos fueron procesados mediante el uso de Microsoft Excel.

## V. RESULTADOS Y DISCUSION

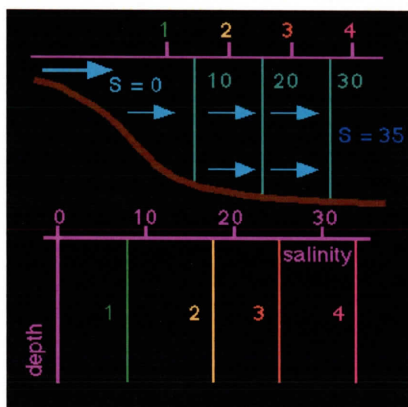
### 5.1 Características físico-químicas de la Calidad del agua

#### Salinidad en el Estero Real

Un estuario es un cuerpo de agua costero semi-cerrado que tiene una conexión libre con el mar abierto al menos en forma intermitente, y dentro del cual la salinidad es mesurablemente diferente de la salinidad del mar abierto adyacente. Los estuarios se pueden agrupar en clases, de acuerdo a sus propiedades de circulación y la distribución asociada de estado continuo de la salinidad.

De acuerdo a la salinidad, se pueden encontrar diferentes tipos de estuarios, siendo los más importantes: Estuario de cuña salina, Estuario altamente estratificado, Estuario ligeramente estratificado, Estuario mezclado verticalmente, Estuario inverso, Estuario intermitente (12, 16).

Según los datos de salinidad en el Estero Real, éste se puede clasificar como un Estuario verticalmente mezclado, en donde el volumen de río es insignificante comparado con el volumen de la marea. La mezcla de marea domina a todo el estuario. Localmente se obtiene una mezcla completa de la columna de agua entre la superficie y el fondo, eliminando toda la estratificación vertical. Como resultado, los perfiles verticales de salinidad muestran una salinidad uniforme pero también un incremento de salinidad de estación a estación conforme se aproxima el final exterior del estuario. Lo mencionado anteriormente se representa en la siguiente gráfica:



Arriba: como una función de la profundidad y la distancia a lo largo del estuario, los números indican la ubicación de las estaciones; abajo: en perfiles de salinidad vertical para las estaciones 1-4. La salinidad superficial y del fondo aumenta de la estación 1 a la estación 4, pero la salinidad superficial siempre es casi idéntica a la salinidad del fondo (12, 20).

Salinity = salinidad; depth = profundidad.

Los estuarios pueden cambiar de tipo como resultado de las variaciones en la precipitación y el caudal fluvial asociado. También pueden mostrar diferentes características en diferentes partes como resultado de las restricciones topográficas en la propagación de la marea a lo largo del estuario lo que afecta el volumen de marea<sup>1</sup>.

Como se mencionó anteriormente, el Estero Real se mantiene dentro de la categoría de verticalmente mezclado, manteniendo ésta clasificación desde 1994, en donde un estudio realizado por Curie, menciona que el comportamiento de los gradientes salinos en el Estero Real lo permite ubicar o clasificar al estero dentro de la categoría de “verticalmente mezclado”, categoría en la que se incluye a estuarios pocos profundos (aguas someras), donde la columna de agua está mezclada homogéneamente de la superficie al fondo (10).

Así mismo, se menciona que los niveles de mareas presentados estuvieron dentro del rango de 2.65 metros como mínimo y 3.38 metros de altura máxima. En cuanto a las dinámicas de las corrientes se estimó un tiempo de recambio de 30 a 45 días desde Puerto Morazán hasta la boca del Golfo y más de 90 días desde diferentes puntos aguas arriba del mismo Puerto (10).

En los años 2005 y 2006, los valores más altos de salinidad fueron 35.8 ppt y 41.0 ppt respectivamente. Las estaciones donde se registraron las salinidades más altas fueron las que se encuentran cercanas a la desembocadura del Golfo de Fonseca y estas salinidades fueron registradas en el mes de mayo.

La salinidad se incrementa a medida que las aguas se acercan al Golfo de Fonseca, el Estero Torrecillas, El Chorro y Dos aguas grandes fueron las estaciones que presentaron

<sup>1</sup> Para más información visitar el sitio <http://www.es.flinders.edu.au/~mattom/IntroOc/notes/lectura12.html>



La salinidad se incrementa a medida que las aguas se acercan al Golfo de Fonseca, el Estero Torrecillas, El Chorro y Dos aguas grandes fueron las estaciones que presentaron las aguas más salinas, la estación Puente Real es la que presentó las salinidades más bajas, llegando a oscilar hasta cerca de 4.3 ppt y 0.7 ppt como valor máximo, correspondiente a los años 2005 y 2006.

Los meses donde se registraron los valores de salinidad más altos son de enero-mayo y los meses donde se registraron los valores más bajos son septiembre y octubre para ambos años.

En la tabla No. 3, se observa que la salinidad en el Estero Real presenta un comportamiento ascendente a través de los años, disminuyendo en el 2005, en donde la temperatura promedio del agua fue de 29.31 °C (segundo valor más bajo del período 2000-2006). Esto significa que la salinidad depende de la pluviosidad y los meses del año (verano-invierno) y no de la temperatura.

No existe una tendencia específica de la salinidad del Estero Real a través de los años, la salinidad está en dependencia de la pluviosidad y los meses del año, no hay una estratificación vertical salina, existe un gradiente marcado de salinidad a lo largo del Estero Real (CIDEA, 2005). En la tabla No. 3, se presenta el comportamiento máximo y mínimo de la salinidad para un período de siete años:

*Tabla No.3,  
Valores promedio de salinidad máxima y mínima*

<b>Año</b>	<b>Salinidad Máximo (ppt)</b>	<b>Salinidad Mínimo (ppt)</b>
2000	32.8	0.1
2001	36.0	0.1
2002	45.8	0.1
2003	42.3	0.1
2004	40.9	0.1
2005	35.8	0.1
2006	41.0	0.1

La salinidad más baja se registró en el año 2000 y la más alta se registró en el 2002.



Tabla No. 4  
Valores máximos, mínimos y promedio de los parámetros de calidad de agua para las diferentes estaciones de muestreo (2005).

Parámetro	El Chorro	Dos Aguas grandes	Camilo Ortega	Dos Agüitas	Puerto Morazán	Palomino	Frixsa	Palo Blanco	Cooprocám	Llano verde	La Polvosa	Puente Real	Torreallas	Perejiles
Salinidad ppt	Máximo	35.2	35.8	34.3	33.4	31.9	28.6	24.1	24.4	19.3	15.1	4.3	34.9	34.9
	Mínimo	7.8	7.6	5.8	2.7	0.5	1.0	0.2	0.3	0.4	0.3	0.1	11.6	0.6
	Promedio	26.0	24.2	22.6	18.8	12.8	9.4	6.9	6.5	4.4	2.9	0.8	23.2	11.7
Temperatura °C	Máximo	31.4	31.1	31.3	31.2	31.1	31.0	31.2	31.4	31.8	30.9	32.5	31.0	31.2
	Mínimo	26.0	25.6	26.0	26.4	26.8	26.5	26.7	26.9	27.2	27.4	27.3	25.8	27.1
	Promedio	29.4	29.5	29.3	29.7	29.3	29.1	29.3	29.5	29.4	29.1	29.5	29.1	28.9
Oxígeno disuelto mg/l <sup>-1</sup>	Máximo	6.4	6.0	5.3	5.4	6.6	6.6	4.2	3.5	4.0	4.3	5.1	5.8	5.3
	Mínimo	1.3	0.9	0.7	0.5	0.3	0.5	0.2	0.2	0.3	0.4	0.0	0.9	0.3
	Promedio	3.7	3.2	3.1	2.5	2.3	2.5	2.0	1.4	1.4	1.9	3.0	2.8	2.6
pH Unidades	Máximo	8.1	7.9	7.9	7.9	8.0	8.0	7.9	8.0	8.0	8.0	8.2	7.9	8.0
	Mínimo	7.5	7.5	7.4	7.4	7.5	7.6	7.4	7.4	7.6	7.6	7.6	7.5	7.5
	Promedio	7.7	7.7	7.6	7.6	7.7	7.8	7.7	7.7	7.8	7.8	7.8	7.7	7.6
Conductividad µS/cm	Máximo	58.8	59.8	84.2	70.2	54.9	49.7	42.7	43.4	27.0	14.9	77.3	58.6	58.9
	Mínimo	14.0	26.7	13.4	5.2	0.7	2.0	0.4	0.6	0.7	0.8	0.6	19.3	1.1
	Promedio	40.9	41.0	43.8	35.1	23.9	22.4	17.3	18.0	11.8	7.2	18.8	37.3	28.8
Transparencia	Máximo	63.0	38.0	45.0	33.0	20.0	16.0	8.0	15.0	10.0	10.0	30.0	48.0	30.0
	Mínimo	7.0	6.0	13.0	5.0	2.0	7.0	-5.0	-5.0	-5.0	-5.0	-5.0	-5.0	2.0
	Promedio	35.6	22.7	23.6	16.1	10.9	6.9	2.3	1.1	1.3	0.6	4.5	21.0	10.7
DBO <sub>5</sub> mg/l <sup>-1</sup>	Máximo	9.9	9.1	9.5	7.6	9.1	9.6	7.9	6.7	5.3	5.9	7.7	10.2	15.3
	Mínimo	0.1	0.6	0.2	0.1	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.8	0.1	0.6
	Promedio	2.7	3.6	3.2	3.4	3.8	3.8	3.3	3.3	2.5	3.0	3.5	3.4	5.4
Amonio mg/l <sup>-1</sup>	Máximo	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1
	Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Promedio	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Parámetro		El Chorro	Dos Aguas grandes	Camilo Ortega	Dos Agüitas	Puerto Morazán	Palomino	Frixsa	Palo Blanco	Cooprocám	Llano verde	La Polvosa	Puente Real	Torrecillas	Perejiles
Nitrogeno total mg/l <sup>-1</sup>	Máximo	0.6	0.3	0.7	0.6	0.9	1.5	1.4	1.1	0.9	1.2	1.5	1.0	0.8	0.6
	Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Promedio	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.2	0.2
Fósforo total mg/l <sup>-1</sup>	Máximo	0.3	0.7	0.5	0.9	1.1	1.4	1.5	2.0	1.3	2.5	3.0	1.1	0.5	1.1
	Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Promedio	0.2	0.2	0.2	0.3	0.5	0.6	0.5	0.6	0.6	0.8	0.8	0.5	0.2	0.4
Nitrito mg/l <sup>-1</sup>	Máximo	2.0	1.9	2.0	2.1	2.8	3.1	3.1	3.1	2.8	2.8	3.6	3.7	3.8	1.9
	Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Promedio	0.4	0.6	0.6	0.6	0.9	0.6	0.6	0.6	0.5	0.7	0.8	0.7	0.7	0.5
Nitrito mg/l <sup>-1</sup>	Máximo	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0
	Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Promedio	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Clorofila a mg/l <sup>-1</sup>	Máximo	1.0	0.9	0.1	0.0	0.1	1.1	0.1	0.1	1.0	2.6	0.0	0.0	0.1	1.6
	Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Promedio	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.7	0.1	0.0	0.1	1.7	0.0	0.0	0.0	0.3
Sólidos suspendidos totales mg/l <sup>-1</sup>	Máximo	768.0	2208.0	840.0	1159.0	5588.0	5948.0	1344.0	3512.0	2956.0	12056.0	6234.0	14092.0	942.0	1962.0
	Mínimo	62.5	79.0	40.0	42.0	40.0	84.0	73.0	159.0	78.0	102.0	126.0	28.0	67.0	23.0
	Promedio	321.7	579.9	325.2	523.8	964.8	1388.2	510.9	848.3	717.1	1888.4	1311.4	1685.3	477.1	644.0
Sólidos sedimentables ml/l <sup>-1</sup>	Máximo	2.5	40.0	1.0	11.7	136.0	95.0	9.4	41.0	34.0	120.0	240.0	115.0	8.0	27.5
	Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.2	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.2
	Promedio	0.5	4.3	0.4	2.2	13.7	17.8	2.9	10.5	10.6	25.6	53.8	18.9	1.3	5.8
Dureza total mg/l <sup>-1</sup>	Máximo	7030.0		7695.0		8835.0				7600.0				8455.0	10165.0
	Mínimo	760.0		1297.4		139.7				123.4				848.3	169.7
	Promedio	4626.9		4457.7		2402.6				2340.1				169.7	2775.3
Alcalinidad total mg/l <sup>-1</sup>	Máximo	121.6	198.8	166.9	154.0	182.7	387.2	236.2	214.2	248.8	346.2	403.2	377.7	140.0	173.2
	Mínimo	89.3	89.3	105.0	59.8	99.0	108.0	94.8	76.4	93.0	122.0	118.0	159.7	89.3	89.4
	Promedio	107.6	116.3	122.2	103.1	125.2	173.8	146.3	140.8	163.2	208.2	214.3	231.2	107.1	120.1



Tabla No. 5  
Valores máximos, mínimos y promedio de los parámetros de calidad de agua para las diferentes estaciones de muestreo (2006).

Parámetro	El Chorro	Dos Aguas grandes	Camilo Ortega	Dos Agüitas	Puerto Morazán	Palomino	Frixa	Palo Blanco	Cooprocám	Llano verde	La Polvosa	Puente Real	Torreallas	Perejiles
Salinidad ppt	Máximo	36.9	37.2	37.5	37.8	35.7	33.1	29.0	28.7	25.1	21.1	0.7	39.0	41.0
	Mínimo	13.6	10.6	6.9	7.7	0.8	0.5	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	17.6	1.5
	Promedio	26.8	26.2	23.8	22.4	15.0	11.9	9.2	8.9	5.6	4.0	0.4	26.8	16.8
Temperatura °C	Máximo	31.2	31.3	31.6	31.4	31.9	31.4	31.6	31.3	31.3	31.6	32.3	31.3	31.6
	Mínimo	26.5	26.5	24.7	26.6	26.9	26.9	26.8	26.9	26.9	26.8	28.3	26.5	27.6
	Promedio	29.4	29.4	29.5	29.7	29.7	28.8	29.1	28.9	28.9	28.9	29.8	29.5	29.3
Oxígeno disuelto mg/l <sup>-1</sup>	Máximo	7.7	7.0	6.3	5.7	5.2	5.5	4.0	4.8	5.2	5.3	5.9	4.7	4.3
	Mínimo	2.4	2.6	1.6	1.8	0.7	1.9	1.1	0.3	0.2	0.3	0.5	0.8	0.6
	Promedio	4.3	4.0	3.4	3.2	2.6	3.3	2.6	2.2	2.2	2.6	3.5	2.7	2.7
pH Unidades	Máximo	7.9	7.8	7.8	7.8	7.8	8.1	7.8	7.8	7.8	8.0	7.9	7.9	7.9
	Mínimo	7.2	6.3	7.2	7.3	7.4	7.4	7.2	7.1	7.2	7.5	7.3	7.2	7.2
	Promedio	7.6	7.4	7.5	7.5	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.5	7.6
Conductividad µS/cm	Máximo	62.2	62.8	63.4	63.6	61.4	57.0	50.8	50.2	45.0	48.3	59.1	65.4	69.2
	Mínimo	25.0	18.0	2.1	11.6	1.8	1.0	0.4	0.4	0.3	0.2	0.3	26.8	1.0
	Promedio	46.2	43.7	35.2	37.7	28.1	20.8	16.3	15.6	10.2	10.9	7.0	44.3	30.5
Transparencia	Máximo	75.0	70.0	65.0	50.0	30.0	20.0	15.0	25.0	15.0	20.0	30.0	85.0	45.0
	Mínimo	30.0	10.0	10.0	5.0	5.0	5.0	2.0	1.0	4.0	3.0	0.5	10.0	10.0
	Promedio	53.9	41.7	34.4	27.8	14.4	11.3	8.9	10.4	8.3	8.5	9.1	35.6	18.9
DBO <sub>5</sub> mg/l <sup>-1</sup>	Máximo	2.0	1.8	3.6	2.7	2.8	4.4	2.9	3.3	4.0	3.6	2.8	4.8	6.5
	Mínimo	0.5	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.2	0.3	0.1	0.4	0.1	0.1
	Promedio	1.3	1.2	1.4	1.1	1.3	2.0	1.5	1.5	2.2	1.6	1.7	2.1	2.1
Amonio mg/l <sup>-1</sup>	Máximo	0.2	0.1	0.1	0.0	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1
	Mínimo	0.03	0.03	0.02	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.05	0.01	0.03	0.01	0.01
	Promedio	0.08	0.05	0.05	0.02	0.06	0.08	0.06	0.06	0.09	0.09	0.12	0.05	0.06
Nitrogeno total mg/l <sup>-1</sup>	Máximo	2.1	2.6	2.5	3.7	5.1	15.6	6.1	8.9	14.7	13.3	2.1	1.9	2.2
	Mínimo	0.0	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.1	0.5	0.1



Parámetro		El Chorro	Dos Aguas grandes	Camilo Ortega	Dos Agüitas	Puerto Morazán	Palomino	Frixa	Palo Blanco	Cooprocám	Llano verde	La Polvosa	Puente Real	Torrecillas	Perejiles
Fósforo total mg/l <sup>-1</sup>	Promedio	0.6	0.8	0.8	1.0	1.6	3.0	1.4	1.9	2.0	3.1	2.7	1.1	1.0	1.0
	Máximo	0.3	0.4	0.4	0.6	0.7	0.9	1.0	1.5	1.4	1.6	1.7	1.2	0.4	0.6
	Mínimo	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1
Nitrito mg/l <sup>-1</sup>	Promedio	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	0.4	0.2	0.2
	Máximo	0.5	0.6	0.4	5.5	6.8	3.6	0.9	1.1	1.0	1.5	1.8	15.1	8.8	64.0
	Mínimo	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.0
Nitrito mg/l <sup>-1</sup>	Promedio	0.3	0.3	0.7	0.8	1.0	0.9	0.3	0.4	0.4	0.6	0.6	1.7	1.0	6.1
	Máximo	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0
	Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Clorofila a mg/l <sup>-1</sup>	Promedio	0.02	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.05	0.02
	Máximo	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.04	0.06	0.59	0.04	0.08	0.01	0.01
	Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sólidos suspendidos totales mg/l <sup>-1</sup>	Promedio	0.0	0.0	0.0	0.0	0.01	0.0	0.0	0.01	0.02	0.06	0.01	0.01	0.0	0.0
	Máximo	2205.0	62100.0	1860.0	24440.0	35540.0	1714.1	3037.9	5739.5	8540.0	37940.0	48280.0	9430.0	633.0	9100.0
	Mínimo	24.7	14.7	22.0	19.3	28.5	93.1	92.5	82.5	98.5	88.5	26.0	14.0	40.7	20.0
Sólidos sedimentables ml/l <sup>-1</sup>	Promedio	244.2	5710.3	351.6	2273.7	3278.0	701.4	852.7	1544.9	2622.9	8314.6	7585.4	1462.4	222.9	1003.9
	Máximo	4.0	18.0	1.9	115.0	101.0	28.0	30.0	110.0	94.0	520.0	700.0	100.0	1.4	3.4
	Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
Dureza total mg/l <sup>-1</sup>	Promedio	0.5	2.2	0.5	11.0	11.0	6.2	5.2	27.8	24.1	87.5	71.0	17.3	0.4	0.5
	Máximo	6500.0		7800.0		6900.0				6800.0				7200.0	7850.0
	Mínimo	1059.6		1285.8		261.9				74.8				2165.4	301.1
Alcalinidad total mg/l <sup>-1</sup>	Promedio	4518.3		4065.9		3043.7				2385.4				4529.3	2838.4
	Máximo	216.4	247.3	248.2	410.7	609.4	468.0	296.4	348.8	387.5	354.0	629.7	582.4	198.7	236.6
	Mínimo	101.4	96.2	105.1	96.7	114.3	109.9	109.4	65.9	79.1	70.3	65.9	108.5	107.7	64.7
	Promedio	139.3	141.6	151.7	162.0	217.8	246.4	205.3	231.3	237.3	295.3	300.3	271.1	148.1	158.8

## **Conductividad**

La conductividad se define como la capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica a través de los iones disueltos. La conductividad de un agua varía en función de la fuente de agua y puede ser un indicador de filtración en agua subterránea (21).

Existen algunos factores que pueden afectar la conductividad: la marea, el flujo de los ríos hacia los estuarios, el agua dulce que se pierde por evaporación tiende a aumentar la conductividad y la salinidad en una masa de agua (21).

La conductividad tiende a aumentar cuando aumenta la temperatura (21). En la tabla no. 6, se presentan los valores promedios máximos de salinidad y conductividad para un período de seis años.

*Tabla No. 6*  
*Valores promedios de salinidad y conductividad máxima*

<b>Año</b>	<b>Salinidad Máximo (ppt)</b>	<b>Conductividad Máxima (mS/cm)</b>
2001	36.0	63.4
2002	45.8	50.6
2003	42.3	47.6
2004	40.9	58.8
2005	35.8	84.2
2006	41.0	58.2

De acuerdo a los datos presentados en la tabla no. 6, la conductividad no tiende a aumentar con respecto a la salinidad.

## **pH**

El pH se refiere a la relación existente entre la concentración de iones hidrógeno ( $H^+$ ) y oxhidrilos ( $OH^-$ ) que le confiere las características de alcalinidad o de acidez a una solución. El agua oceánica es ligeramente alcalina y el valor del pH está entre 7.5 y 8.4, varía en función de la temperatura. Si la temperatura aumenta, el pH disminuye y tiende a la acidez; también puede variar en función de la salinidad, de la presión o profundidad y de la actividad vital de los organismos acuáticos (14).

Según los resultados del estudio, en la siguiente tabla se presentan los valores promedios de pH y temperatura en cada punto de muestreo, en donde se puede observar que predomina un pH ligeramente alcalino con valores de temperatura entre 28.9-29.7°C.

En la tabla No. 7, se presenta el comportamiento del pH (valores promedio) durante el periodo 20001-2006:

Tabla No. 7  
Valores promedios de pH y temperatura registrados en los años 2005 y 2006

Punto de muestreo	pH		Temperatura °C	
	2005	2006	2005	2006
El Chorro	7.7	7.6	29.4	29.4
Dos aguas grandes	7.7	7.4	29.5	29.4
Camilo Ortega	7.6	7.5	29.3	29.5
Dos Agüitas	7.6	7.5	29.7	29.7
Puerto Morazán	7.7	7.6	29.3	29.7
Palomino	7.8	7.6	29.1	28.8
Frixsa	7.8	7.6	29.3	29.3
Palo blanco	7.7	7.6	29.3	29.1
Cooprocám	7.7	7.6	29.5	28.9
Llano verde	7.8	7.6	29.4	28.9
La Polvosa	7.8	7.6	29.1	28.9
Puente Real	7.8	7.6	29.5	29.8
Torrecillas	7.7	7.5	29.1	29.5
Perejiles	7.6	7.6	28.9	29.3

Como se observa en la tabla No. 8, los valores de pH en un período de 6 años se han mantenido entre 7.5-7.8, manteniéndose el mismo comportamiento en los últimos dos años (2005 y 2006). El Estero Real presenta un pH ligeramente alcalino en donde no existen variaciones significativas entre estaciones de muestreo.

Tabla No. 8  
Valores promedio de pH, período 2001-2006

Años	pH
2001	7.7
2002	7.5
2003	7.8
2004	7.7
2005	7.7
2006	7.6

En términos generales, el pH en el Estero Real no depende de la temperatura y puede variar a lo largo de un amplio rango de valores, dependiendo de factores intrínsecos y extrínsecos al ambiente acuático, dichos factores son:

*Factores intrínsecos:*

- Capacidad amortiguadora del sistema de alcalinidad carbonato-bicarbonato.
- Evaporación
- La intensidad de procesos biológicos tales como fotosíntesis, respiración y actividades de descomposición de la materia orgánica.
- La interacción de los factores arriba mencionados con el sistema de alcalinidad.

*Factores extrínsecos:*

- Composición de suelos adyacentes, depósitos superficiales.
- Fuentes de contaminación.



## **Temperatura**

En los años 2005 y 2006 la temperatura promedio del agua osciló entre 32.5 – 24.7 °C, siendo el promedio de 29.3 °C para los dos años.

Existe un patrón de comportamiento de la temperatura del agua durante todo el año en el Estero Real: La temperatura comienza a subir en el mes de marzo, llegando a valores altos en los meses de mayo-junio, manteniéndose alta los meses subsiguientes y descendiendo a partir del mes de octubre. Las variaciones en el año en todas las estaciones son entre cuatro a cinco grados centígrados.

En los esteros ocurren fluctuaciones marcadas en temperaturas (°C) debido a la poca profundidad y a una amplia superficie de área. Durante las mareas bajas, las fluctuaciones en temperaturas (°C) diarias y temporales en el Estero Real son muy marcadas (12). Sin embargo, estudios realizados por el CIDEA en el Estero Real (5, 6, 7) durante el período 2000-2006, indican que la temperatura no ha presentado cambios o fluctuaciones marcadas durante los cambios de marea, ni a lo largo de la columna de agua, ni entre estaciones de muestreo. En la siguiente tabla se presentan los valores máximos, mínimos y promedio para un período de 6 años:

*Tabla No. 9*  
*Valores máximos, mínimos y promedio de la temperatura del agua durante el período 2000-2005*

<b>Año</b>	<b>Máximo (°C)</b>	<b>Mínimo (°C)</b>	<b>Promedio (°C)</b>
2000	31.0	26.0	29.29
2001	31.9	26.6	29.68
2002	31.5	27.1	29.53
2003	31.5	26.5	29.68
2004	32.2	27.4	29.35
2005	32.5	25.6	29.31
2006	32.3	24.7	29.29

Como se observa en la tabla No. 9, la temperatura promedio para ese período osciló entre 29.29°C–29.68°C, la temperatura máxima registrada fue de 32.3°C. Haciendo una relación de la temperatura del agua con la temperatura del aire para el período 2000-2006, los valores promedio de temperatura registrados para ese período se presentan en la siguiente tabla (10):

*Tabla No. 10*  
*Valores máximos, mínimos y promedio de la temperatura del aire durante el período 2000-2006*

<b>Año</b>	<b>Máximo (°C)</b>	<b>Mínimo (°C)</b>	<b>Promedio (°C)</b>
2000	34.0	22.0	27.0
2001	34.0	22.0	27.0
2002	34.0	22.0	28.0
2003	34.0	22.0	27.0

*2004	33.0	24.2	30.0
*2005	32.4	24.8	29.7
*2006	33.1	24.9	30.2

FUENTE: INETER, 2003 (Estación Chinandega)

\*Estación meteorológica: 787390 (MNCH)

En la mayoría de los casos, se observa una diferencia de la temperatura cerca de los 2.0°C entre la temperatura del aire y la del agua.

Según un estudio realizado por INETER a nivel de país en el año 2003 (13), se menciona que <sup>2</sup>del análisis temporal que se realizó a los valores mensuales de la temperatura máxima y mínima absoluta del aire en 10 estaciones meteorológicas, tomadas como representativas de los diferentes regímenes climáticos que predominan en las distintas regiones del país, se derivan las siguientes conclusiones:

Los valores mensuales de las temperaturas máximas y mínimas absolutas del aire presentaron aumentos progresivos con el tiempo en la mayoría de las estaciones, en todas las estaciones los datos de temperatura mínima absoluta mostraron incrementos, entre décadas extremas, que varían de 0.2°C a 1.6°C. Aumentos similares presentaron las temperaturas máximas absolutas, con excepción de Chinandega y Masatepe que mostraron descensos del orden de -0.3°C y -0.8°C, respectivamente; la tendencia de las temperaturas extremas en las estaciones de Masatepe y Chinandega, es ascendente para las temperaturas mínimas absolutas y descendente para las temperaturas máximas, lo que indica que los valores de temperatura mínima se han incrementado a partir de la década de los 70, manifestándose una reducción en la amplitud anual de la temperatura del aire, dentro del período de los 39 años estudiados (Enero 1964 a Diciembre del 2,002).

Se ha demostrado que no existe una tendencia de estratificación superficial y vertical del agua en el Estero Real por efectos de la temperatura y tampoco existe diferencia significativa entre estaciones de muestreo, lo mencionado se refleja en la siguiente tabla:

Tabla No. 11

<sup>3</sup>Valores promedios de temperatura (°C) en los puntos de muestreo El Chorro y Puente Real durante el período 2001-2006.

Estación de muestreo	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Promedio
El Chorro	29.5	29.5	29.4	29.6	29.4	29.4	<b>29.5</b>
Puente Real	28.8	29.7	30.3	29.4	29.5	29.8	<b>29.5</b>

En la tabla No. 11, se hace una comparación de la temperatura del agua de dos estaciones de muestreo, El Chorro, localizado cerca de la desembocadura del Golfo de Fonseca (agua marina) y Puente Real, localizado a 67.79 kilómetros (siguiendo el curso del Estero Real) de la estación El Chorro, lugar donde se da una influencia del agua dulce y que predomina una salinidad máxima de 4.3 ppt. Los resultados indican que no hay diferencias significativas entre puntos de muestreo, predominando una temperatura promedio de 29.5°C.

<sup>2</sup> Para más información, visitar el sitio

[http://www.ineter.gob.ni/Direcciones/meteorologia/Articulos%20de%20Interes/tendencias\\_de\\_las\\_temperaturas.htm](http://www.ineter.gob.ni/Direcciones/meteorologia/Articulos%20de%20Interes/tendencias_de_las_temperaturas.htm)

<sup>3</sup> No se consideraron los datos de temperatura correspondientes al año 2000 por presentar inconsistencia



### Oxígeno disuelto

La distribución del oxígeno en cuerpos de agua naturales está determinada por el intercambio gaseoso a través de la superficie del agua, la producción fotosintética, el consumo respiratorio y por procesos físicos de advección (movimiento horizontal del aire causado principalmente por variaciones de la presión atmosférica cerca de la superficie) y difusión. Siendo el oxígeno un requisito nutricional esencial para la mayoría de los organismos, es importante medir las variaciones por unidad de tiempo de los procesos bióticos (fotosíntesis y respiración celular) y abióticos que se desarrollan *in situ*, que afectan su concentración y distribución (17).

La entrada de oxígeno al agua envuelve dos procesos: la entrada de oxígeno atmosférico y la generación de oxígeno dentro del cuerpo de agua por la actividad de organismos fotosintéticos.

Resultados obtenidos durante el período 2005-2006, la concentración máxima de oxígeno disuelto ha disminuido 1.1 mg/l con respecto al 2006. Sin embargo, los valores promedios de oxígeno disuelto oscilan entre 2.0 a 3.0 mg/l (ver tabla No. 13).

La cantidad de oxígeno presente en el agua es afectada por la temperatura, la salinidad y la presión atmosférica. La concentración de oxígeno en el agua es inversamente proporcional con la temperatura, es decir, a mayor temperatura menor concentración de oxígeno disuelto. En la tabla No. 12 se presentan los valores promedios de oxígeno disuelto vs temperatura durante los años 2005 y 2006:

Tabla No. 12  
Valores promedio de temperatura y oxígeno disuelto  
Período 2005-2006

Año	Oxígeno disuelto promedio del agua	Temperatura promedio del agua
2005	2.4 mg/l	29.3°C
2006	3.0 mg/l	29.3°C

Los datos presentados en la tabla No. 12, demuestran que la temperatura no es el factor determinante en la concentración de oxígeno disuelto en el agua del Estero Real. No obstante, la relación inversa entre temperatura y la concentración de oxígeno disuelto puede verse alterada en ambientes naturales por efecto de los procesos de fotosíntesis y respiración (17).

En la tabla No. 13, se presenta la misma relación de la temperatura con el oxígeno disuelto para un período de 6 años:

Tabla No. 13  
Valores promedio de temperatura y oxígeno disuelto  
Período 2001-2006

Año	Oxígeno disuelto promedio del agua (mg/l)	Temperatura promedio del agua (°C)
2001	2.9	29.7
2002	2.8	29.5
2003	2.3	29.7
2004	3.1	29.3
2005	2.4	29.3
2006	3.0	29.3

Los cambios estacionales generan alteraciones significativas en la temperatura de los cuerpos de agua. Dichas alteraciones en temperatura tendrán, a su vez, un efecto sobre los niveles de oxígeno disuelto. Aumentos en la temperatura del agua traen como consecuencia una disminución en los niveles de oxígeno disuelto (17). Sin embargo, de acuerdo a los datos presentados en la tabla No. 13, los niveles de oxígeno disuelto en el Estero Real no son inversamente proporcionales a la temperatura del agua, lo que significa que los valores bajos registrados no se deben a las temperaturas registradas.

Se sabe que sobre la concentración de oxígeno disuelto se produce un efecto combinado de la temperatura y la salinidad, lo cual se determina de los datos de perfiles de profundidad de la temperatura y la salinidad. El efecto de la exclusión de oxígeno en función de la concentración de sales disueltas es mínimo excepto en ambientes hipersalinos, tales como los salitrales (17).

### **Sólidos suspendidos totales y sedimentables**

#### *Sólidos suspendidos totales*

Los sólidos suspendidos totales están representados por partículas de materia orgánica e inorgánica, microorganismos y plancton que se encuentran en suspensión en la columna de agua. Los sólidos suspendidos provienen por erosión de los suelos los que son depositados en un cuerpo las aguas de escorrentía, el ritmo de erosión depende de la actividad que se lleve sobre el terreno, la cantidad de vegetación existente, la cantidad de lluvia, la pendiente y la exposición de los terrenos a la escorrentía (11).

En la siguiente tabla se presenta el comportamiento de los sólidos suspendidos totales durante el período 2005-2006 en los puntos de muestreo del Estero Real:

Tabla No. 14  
Valores promedios de sólidos suspendidos totales  
registrados en los años 2005 y 2006

Punto de muestreo	Sólidos suspendidos totales	
	2005	2006
El Chorro	321.7	244.2
Dos aguas grandes	579.9	<b>5710.3</b>
Camilo Ortega	325.2	351.6
Dos Agüitas	523.8	<b>2273.7</b>

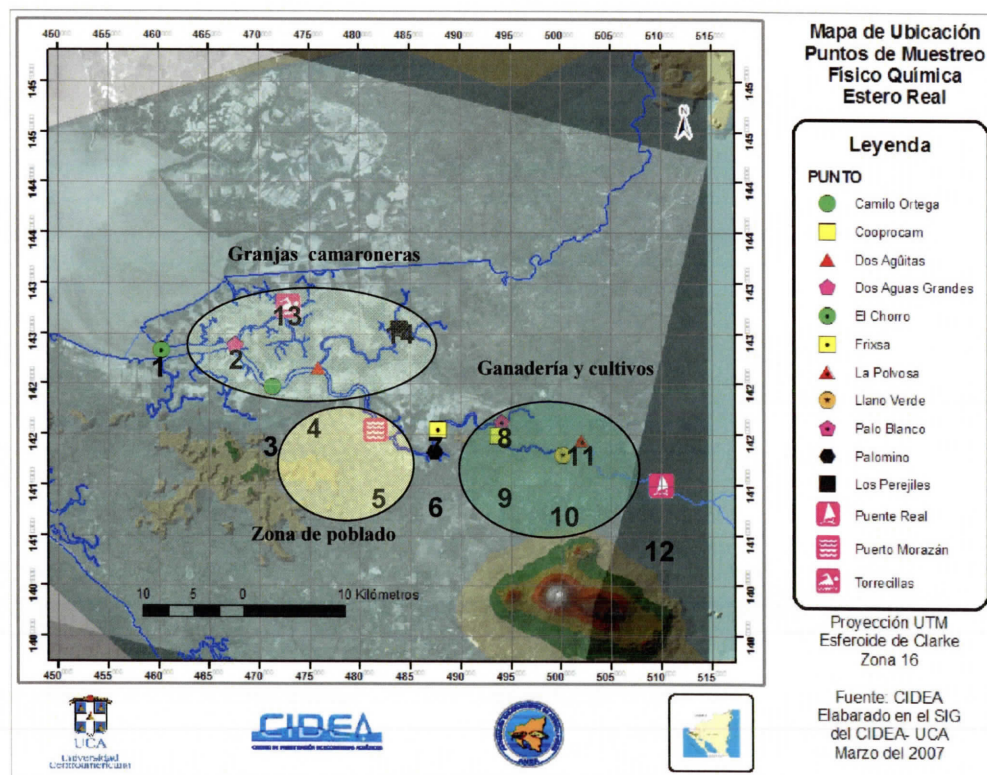


Punto de muestreo	Sólidos suspendidos totales	
Puerto Morazán	964.8	<b>3278.0</b>
Palomino	1388.2	701.4
Frixsa	510.9	852.7
Palo blanco	848.3	<b>1544.9</b>
Cooprocám	717.1	<b>2622.9</b>
Llano verde	1888.4	<b>8314.6</b>
La Polvosa	1311.4	<b>7585.4</b>
Puente Real	1685.3	1462.4
Torrecillas	477.1	222.9
Perejiles	644.0	<b>1003.9</b>

De acuerdo a los datos presentados en la tabla anterior, en el año 2006 el 71% de los datos incrementaron en relación al año 2005; las estaciones en donde se registraron los valores más altos fueron: Dos Aguas Grandes, Dos Agüitas, Puerto Morazán, Palo Blanco, Cooprocám, Llano verde, La Polvosa y Perejiles.

De los puntos de muestreo mencionados en el párrafo anterior, Dos Aguas Grandes, Los Perejiles, se encuentran cerca de la desembocadura del Golfo de Fonseca y de granjas camaroneras. Dos Agüitas y Puerto Morazán se encuentran en la parte media del Estero Real, en esa zona se localiza el pueblo de Puerto Morazán (2,125 habitantes al año 2004), el cual presenta déficit en la cobertura de los servicios básicos, adicionalmente se localizan granjas camaroneras.

*Mapa no. 3, Estaciones de monitoreo en el Estero Real y uso potencial.*



Palo Blanco, Cooprocám, Llano verde y La Polvosa, se localizan en áreas en donde hay influencia del agua dulce, se desarrollan actividades productivas como la ganadería y el cultivo de maní. En el siguiente mapa se presenta la topografía y uso de los suelos de la cuenca del Estero Real:

En la siguiente tabla se presenta el comportamiento de los datos para un período de 6 años:

*Tabla No. 15*  
*Valores promedio de sólidos suspendidos totales*  
*Período 2001-2006*

<b>Año</b>	<b>Sólidos suspendidos totales (mg/l)</b>
2001	2921.0
2002	1406.0
2003	495.0
2004	457.0
2005	870.40
2006	2583.5

De los resultados reflejados en la tabla anterior, se observa un comportamiento descendente de los datos (2001 al 2004), incrementando a partir del año 2005. Los valores más altos de sólidos suspendidos totales se registraron en los años 2001 y 2006.

Haciendo una relación entre las estaciones del año (invierno-verano), se observa que los valores más altos de sólidos suspendidos total se registraron durante el período de verano, disminuyendo significativamente en el período de invierno. En la tabla No. 16, se presentan los valores promedios en invierno-verano durante un período de seis años:

*Tabla No. 16*  
*Valores promedio de sólidos suspendidos totales en invierno y verano*  
*Período 2001-2006*

<b>Año</b>	<b>Sólidos suspendidos totales (mg/l)</b>	
	<b>Verano</b>	<b>Invierno</b>
2001	463.0	3412.0
2002	2786.0	844.0
2003	1174.0	397.0
2004	2486.0	597.0
2005	1151.0	653.0
2006	3730.0	705.0

Los datos de la tabla anterior indican que la mayor deposición de sólidos suspendidos totales en el Estero Real se da en los meses de verano, lo cual se debería relacionar con los vientos, suelos desprovistos de vegetación, pendiente, épocas de período del cultivo de maní, sandía, maíz y otros cultivos que se producen en la cuenca del Estero Real.



### Sólidos sedimentables

Una primera categoría dentro de los sólidos presentes en el agua está dada por los sólidos sedimentables. Éstos son los que se depositan por acción de su propio peso en un cierto período de tiempo, que en general es de 10 minutos o de 1 hora en ensayos normalizados (9).

Los suelos de la cuenca del Estero Real son entisoles, es decir suelos jóvenes minerales, escasamente desarrollados y evolucionados (18) debido a aluviones y proceso erosivos. En el año de 1998, ocurrió una depresión tropical originada por el Huracán Mitch, una gran cantidad de material se depositó en esta zona provocando un cambio en los aspectos físico-químicos del suelo original. Así mismo, en el departamento de Chinandega se han dado erupciones de origen volcánico de los volcanes Casitas y Cerro Negro. Ambos fenómenos han contribuido a cambios edáficos y a la deposición de material en el Estero Real.

Desde el punto de vista de sedimentos, un estuario se define como "la parte ubicada hacia el mar de un valle inundado, que recibe sedimentos de origen tanto fluvial como marino y sometida a la acción de las olas, las mareas y el río. Se extiende desde el límite superior de influencia de las mareas hasta el límite de las facies marinas costeras". Un estuario se desarrolla durante una transgresión y desaparecen cuando empieza una regresión y/o una progradación (26).

En las siguientes figuras se presenta la clasificación evolutiva de un estuario y la morfología general:

*Figura No. 1*  
*Clasificación evolutiva de los principales medios*  
*sedimentarios costeros (según Dalrymple et al. 1992).*

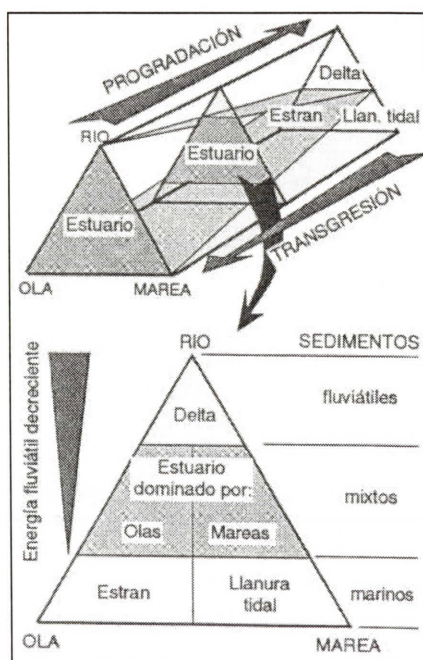
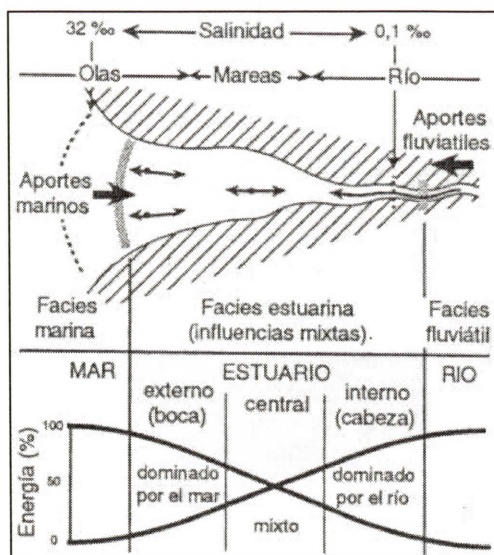


Figura No. 2  
Morfología general de un estuario y repartición de varios factores sedimentarios: salinidad, procesos sedimentarios, facies y energía.



Dicha definición implica que un estuario no es un tipo de delta, sino un sistema independiente, cuyo desarrollo depende de la morfología de la costa (valle) y de un contexto eustático transgresivo (Figura no. 1). Por lo tanto, son sistemas efímeros a la escala geológica, ya que si aumentan los aportes sedimentarios o si baja la velocidad del alza eustática, el estuario se rellena y se vuelve delta (26).

Por su ubicación, el Estero Real está caracterizado por salinidades variables que influyen sobre la fauna y la densidad del agua, y por la interacción de procesos fluviales y marinos. Por lo tanto, se distingue (Ver figura no. 2):

- Una parte externa (distal, boca) dominada por las corrientes de las olas o de las mareas, que inducen una sedimentación gruesa (arenas) y un transporte aguas arriba de los sedimentos.

- Una parte central con energía mínima, porque se equilibran más o menos las influencias, donde se depositan sedimentos más finos.

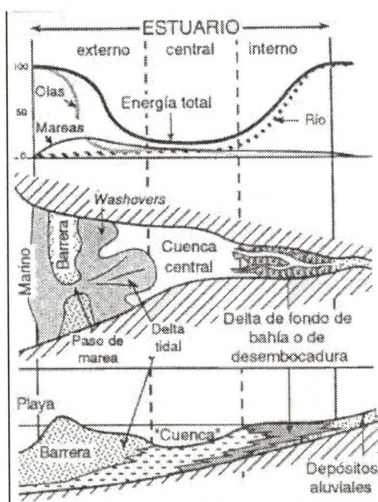
- Una parte interna (proximal, cabeza) dominada por la energía del río, que induce una sedimentación gruesa transportada aguas abajo.

El Estero Real se clasifica como un estero dominado por la marea, está ubicado en zonas macrotidales y tiene una forma de embudo. La energía de las corrientes de marea domina en la boca, y edifica barras tidales alargadas, que rompen la energía de las olas si existen. Por otro lado, la forma ensanchada (embudo) provoca la aceleración de las corrientes de marea aguas arriba (estuario hipsincrónico), hasta el punto donde la fricción contra el fondo y los bordes compense dicha energía (límite de influencia de las mareas).



La energía fluvial decrece aguas abajo, pero, ya que la ausencia de barrera permite una mejor penetración de las corrientes de marea, el mínimo de energía es menos nítido que en los esteros dominados por las olas (Ver figura no. 3).

*Figura No. 3*  
*Comportamiento de la energía en un estuario dominado por la marea.*



En la tabla No. 17, se presentan los valores de sólidos sedimentables durante los años 2005 y 2006:

*Tabla No. 17*  
*Valores promedios de sólidos sedimentables*  
*registrados en los años 2005 y 2006*

Punto de muestreo	Sólidos sedimentables	
	2005	2006
El Chorro	0.6	0.5
Dos aguas grandes	8.9	2.2
Camilo Ortega	0.4	0.5
Dos Agüitas	3.6	<b>11.0</b>
Puerto Morazán	<b>18.7</b>	<b>11.0</b>
Palomino	<b>19.5</b>	6.2
Frixsa	3.5	5.2
Palo blanco	11.6	<b>27.8</b>
Cooprocám	12.9	24.1
Llano verde	<b>31.2</b>	<b>87.5</b>
La Polvosa	<b>65.6</b>	<b>71.0</b>
Puente Real	<b>25.9</b>	<b>17.3</b>
Torrecillas	2.0	0.4
Perejiles	7.8	0.5

Como se puede observar en la tabla anterior, durante el año 2005 los valores más altos se registraron en los puntos de muestreo Puerto Morazán, Palomino, Llano verde, La Polvosa y Puente Real. Durante el año 2006, los valores más altos fueron registrados en los puntos de muestreo Dos Agüitas, Palo blanco, Llano verde, La Polvosa y Puente Real.

En algunos puntos de muestreo los valores de sólidos sedimentables disminuyeron con respecto al año 2005; las estaciones localizadas en la parte media del Estero Real y que registraron valores altos de sólidos sedimentables son influenciadas por el depósito de sedimentos finos, y las estaciones localizadas en la parte opuesta al Golfo de Fonseca son influenciadas por depósitos de sedimentos gruesos (arenas) provenientes de la cuenca alta del Estero y por la influencia de las mareas. Sin embargo, no se sabe con certeza si los depósitos de sedimentos en todo el Estero Real están conformados por otros materiales debido a la depresión tropical originada por el huracán Mitch (ocurrido en el año de 1998).

En la tabla No. 18, se presenta el comportamiento de los sólidos sedimentables para un período de seis años:

*Tabla No. 18*  
*Valores promedio de sólidos sedimentables*  
*Período 2001-2006*

<b>Año</b>	<b>Sólidos sedimentables (ml/l)</b>
2001	6.6
2002	5.6
2003	25.1
2004	11.2
2005	15.2
2006	18.9

Los resultados presentados en la tabla anterior (tabla no. 18), los valores de sólidos sedimentables durante el período oscilaron entre 5.6-25.1 ml/l; se observó un comportamiento ascendente en los primeros tres años, disminuyendo en el cuarto año para incrementar en los años restantes.

Se han dado cambios en el fondo del Estero Real debido al fenómeno huracán Mitch, haciendo una comparación de dos batimetrías realizadas en los años 1977 por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales y año 2000 por el CIDEA, con el apoyo de la Universidad de Auburn, se han podido determinar las áreas de depósitos y pérdidas de sedimentos en algunos transeptos del Estero. En la siguiente tabla, se presentan los resultados obtenidos de ambas batimetrías:

*Tabla No. 19*  
*Resultados de batimetrías realizadas en 1977 y 2000 en algunos puntos del Estero Real*

<b>Punto</b>	<b>Batimetría 1977 (m.s.n.m.)</b>	<b>Batimetría 2000 (m.s.n.m.)</b>	<b>Diferencia (m.s.n.m.)</b>
Desembocadura del Estero Real	-7.5	-5.8	-1.7
Desembocadura de Dos Aguas	-12.0	-13.0	-1.0
Dos Agüitas	-12.8	-10.0	-2.8
Desembocadura de Dos Agüitas	-16.0	-14.0	-2.0
El Chorro	-8.5	-7.8	-0.7
Desembocadura de El Chorro	-6.2	-4.2	-2.0
Marota	-2.5	-8.4	-5.9
Desembocadura de Marota	-8.5	-6.0	-2.5
Entre Marota y Dos Aguas	-8.8	-10.0	-1.2
Puerto Morazán	-8.8	-6.5	-2.3



Como se puede observar en la tabla anterior, los datos indican que con la depresión tropical originada por el huracán Mitch es muy probable que se haya producido un cambio en el fondo del Estero Real, en los puntos Desembocadura del Estero Real, Dos Agüitas, Desembocadura de Dos Agüitas, Desembocadura de Marota y Puerto Morazán, se dio una pérdida de sedimento de cerca de 2.0-3.0 metros, exceptuando en el punto El Chorro en donde la pérdida de sedimento fue menor de 1.0 metro.

En los puntos Desembocadura de Dos Aguas, Marota y Entre Marota y Dos Aguas se dio un depósito de sedimentos; ambas situaciones fueron producto del Huracán Mitch en donde se dio un depósito de sedimentos por efectos de escorrentía hídrica y una pérdida de sedimentos por efectos de arrastre.

### **Transparencia y clorofila a**

La mayoría de aguas naturales tienen una transparencia que oscila entre uno y varios metros. Un valor bajo, por debajo de un metro, podría esperarse en un cuerpo de agua altamente productivo. Pero un valor bajo también puede deberse a una alta concentración de sólidos en suspensión. Las aguas costeras extremadamente claras y sin producción, pueden tener una transparencia de hasta 30 ó 40 metros, como las zonas alrededor de los arrecifes de coral (19).

Por lo general, los estuarios poseen tres tipos de productores que realizan el proceso de fotosíntesis; macrófitos (algas, hierbas marinas y hierbas de pantanos), micrófitos bénticos (algas y otros tipos de plantas unidas al fondo) y fitoplancton (algas microscópicas). También, se pueden encontrar comunidades de plantas asociadas al lugar como bosques pantanosos (*Pterocarpus* o "palo de pollo"), pantanos, manglares y plantas flotantes (21).

Un estudio realizado por el CIDEA durante el período 2001-2002 sobre monitoreo de la comunidad fitoplanctónica y zooplanctónica, se identificaron 3 clases, siendo éstas: Chlorophyta (5 géneros), Bacillariophyta (23 géneros) y Cyanophyta (5 géneros), la clase que más predominó fue Bacillariophyta, seguido por Cyanophytas.

La salinidad cumple una función importante en la determinación de la distribución de comunidades de plantas, animales y microorganismos dentro del estuario. Las especies y las comunidades de los estuarios están bien adaptadas a las variaciones en la salinidad relacionada con los ciclos de la marea alta y los modelos de precipitación (30).

Relativamente, pocas especies están adaptadas a las condiciones variables de los estuarios y, en consecuencia, los estuarios no son centros de biodiversidad (hot spots) como lo pueden ser los bosques lluviosos o los arrecifes de coral (30).

En la tabla No. 20, se presenta el comportamiento de la transparencia y la clorofila a para un período de seis años:

Tabla No. 20  
Valores promedio de transparencia y clorofila a  
Período 2001-2006

Año	Transparencia (cm)	Clorofila a (mg/l)
2001	16	0.1
2002	20	0.2
2003	18	0.3
2004	18	0.4
2005	12	0.2
2006	21	0.01

Haciendo un análisis de los datos presentados en la tabla 20, los valores de transparencia durante un período de 6 años se han mantenido entre 16-21 cm, se observó una disminución en el año 2005 (12 cm) para incrementar en el 2006. La mayor transparencia se da en las proximidades al Golfo de Fonseca, siendo el valor máximo registrado de 57 cm (correspondiendo a los años 2002, 2003 y 2005).

La clorofila a en el Estero Real, durante el período 2001-2005 ha incrementado 0.1 unidades, disminuyendo drásticamente en el año 2005. Haciendo una comparación con un estudio realizado en el año de 1993, sobre un monitoreo a largo plazo de la calidad de agua en los esteros de la región camaronera de Honduras como parte del Programa Colaborativo de Apoyo para la Investigación en Acuicultura/Dinámica de Estanques, los valores máximos de clorofila fueron de hasta 185.0 mg/l, significando una alta productividad primaria, así como altas concentraciones de nitrógeno total y fósforo reactivo soluble durante la estación de verano (2).

Lo mencionado anteriormente, indica que el Estero Real presenta valores altos de transparencia y valores muy bajos de clorofila a, indicando una pobre productividad primaria a pesar de que existe una influencia del agua dulce.

La producción de los estuarios, rica en proteínas, es producto de la afluencia y la mezcla de agua dulce en una combinación única de funciones físicas, químicas y biológicas que trabajan al unísono para hacer que los estuarios sean sumamente productivos en vida animal y vegetal. Sólo cuando se produce una alteración en el flujo del agua dulce se generan impactos que pueden afectar la calidad, cantidad y pulsos en la afluencia del agua dulce en los estuarios (30).

Por otro lado, las estimaciones de la producción primaria anual de los ecosistemas terrestres y acuáticos demuestran que los estuarios se cuentan entre los más productivos. Sólo las tierras que se cultivan intensamente, donde las grandes cosechas son posibles por la aplicación artificial de fertilizantes y el control de competidores y pestes, son comparables a la productividad de los estuarios (30).

### **Fósforo total y nitrógeno total**

El fósforo como el nitrógeno son nutrientes esenciales para la vida, su exceso en el agua provoca eutrofización (22). Los aportes de nutrientes a un estuario pueden provenir del



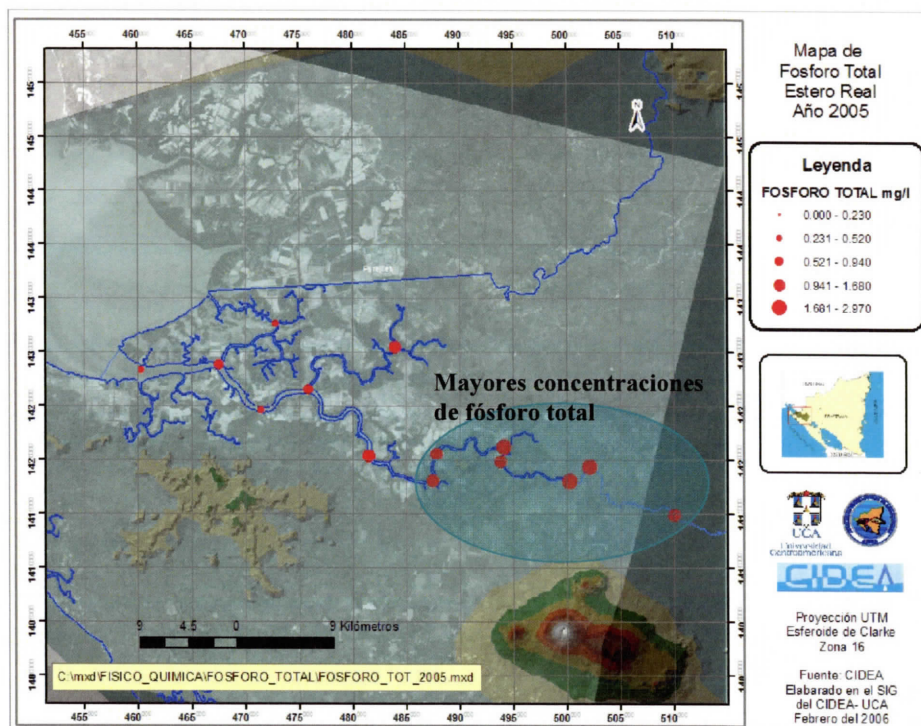
aporte fluvial (los ríos transportan una carga de materia soluble y particulada que provienen de los lixiviados y escorrentías de la cuenca que drenan), del realizado por las aguas subterráneas (generalmente desconocida y variable), a través de la atmósfera o por la entrada de agua de mar (aportes en forma de partículas en suspensión, como de especies químicas presentes en forma gaseosa que se disuelven en el agua al entrar en contacto con el agua) (23).

### *Fósforo total*

En el año 2005, los valores máximos de fósforo total oscilaron entre 0.45-2.97 mg/l, siendo el mínimo de 0.01 mg/l. Las estaciones en donde se registraron los valores máximos corresponden a Palo Blanco, Llano verde y La Polvosa. En el año 2006, los valores máximos de fósforo total oscilaron entre 0.26-1.74 mg/l, presentándose una disminución del rango con respecto al año anterior.

De igual manera, las estaciones en donde se registraron los valores máximos de fósforo total corresponden a Palo Blanco, Cooprocám, Llano verde, La Polvosa y Puente Real. Estas estaciones se localizan en la parte más interna del Estero, sitio en donde se da una afluencia del agua dulce proveniente de ríos.

*Mapa no. 4, Concentraciones de Fósforo total en el Estero Real en el año 2005.*



En la tabla No. 21, se presenta el comportamiento del fósforo total para un período de seis años:

Tabla No. 21  
Valores promedio de fósforo total  
Período 2001-2006

<b>Año</b>	<b>Fósforo total mg/l</b>
2001	0.09
2002	0.07
2003	0.09
2004	0.52
2005	0.46
2006	0.33

De acuerdo a los resultados presentados en la tabla anterior, se observa un incremento del fósforo total a partir del año 2004, disminuyendo en el año 2006. Un estudio que fue realizado durante el periodo de 1993 hasta 1998, sobre monitoreo de la calidad de agua en esteros y la capacidad de carga de los mismos, en la región camaronera de Honduras como parte del Programa Colaborativo de Apoyo para la Investigación en Acuicultura/Dinámica de Estanques (2), los resultados indican que el valor promedio mayor de fósforo total durante todo el período fue de 0.05 mg/l, esto significa que los valores registrados en el Estero Real son mayores a los registrados en el Estero El Pedregal así como el resto de los puntos monitoreados.

Cabe señalar, que el valor máximo de fósforo total registrado en ese estudio fue de 0.60 mg/l, siendo mayor el registrado en el Estero Real, 2.97 mg/l (correspondiente al año 2005). Se determina un enriquecimiento de las aguas del Estero Real mediante el aporte de nutrientes, a pesar que los valores de clorofila *a* son muy bajos y que la transparencia es alta.

La alta variabilidad estacional en las concentraciones de nutrientes es típica de muchos estuarios. Es importante no dejarse engañar por bajas concentraciones de los nutrientes en el agua y suponer que las lecturas bajas significan que hay poco riesgo de eutrofización. En algunas situaciones, los nutrientes disponibles se absorben tan rápidamente que las concentraciones en el agua se mantienen bajas aún cuando predominan condiciones eutróficas (28, 30).

Tratando de saber si existen variaciones estacionales (invierno-verano) del fósforo total en los diferentes puntos de muestreo en el Estero Real, en la siguiente tabla, se presentan los valores promedios correspondientes a un período de seis años.

Tabla No. 22  
Valores promedio de fósforo total durante el verano-invierno  
Período 2001-2006

<b>Año</b>	<b>Fósforo total mg/l</b>	
	<b>Invierno</b>	<b>Verano</b>
2001	0.10	0.09
2002	0.06	0.08
2003	0.12	0.06
2004	0.21	0.81
2005	0.21	0.76
2006	0.27	0.38



Según los datos presentados en la tabla no. 22, existen diferencias estacionales del fósforo total a través de los años en el Estero Real. En los años 2001-2002, se observan diferencias estacionales mínimas del fósforo total, correspondiendo los mayores valores al período de invierno; siendo hasta en el año 2003 en donde inician las variaciones estacionales, correspondiendo la mayor concentración de fósforo total al período de verano.

En los últimos tres años (2004-2006) el fósforo total es mayor en el verano que en el invierno, siendo el mismo valor de fósforo total registrado en el invierno para los años 2004 y 2005.

Sería interesante poder hacer una correlación de los datos con los períodos de preparación y fertilización de los suelos en las áreas destinadas al cultivo, cosechas y preparación de los estanques para el cultivo del camarón y otras actividades que se realizan en la cuenca del Estero Real.

La concentración del fósforo en los estuarios está regida por tantos mecanismos que la complejidad es enorme y se ha observado que el fósforo tiene un comportamiento conservativo (reactividad de la sustancia) que se puede relacionar con el mecanismo de amortiguamiento de los fosfatos (MAF). Las principales pruebas son dos: Primero, se han medido concentraciones de fosfatos en algunas aguas estuarinas que han sido mayores de lo que se puede explicar por simple mezclado. Segundo, experimentalmente se ha observado que los sedimentos y las partículas suspendidas presentes en estuarios y ríos pueden liberar y capturar rápidamente fosfatos hacia o desde la solución (29).

A este mecanismo, se le ha llamado mecanismo de amortiguamiento de los fosfatos (MAF). Se cree que el MAF es responsable de mantener la concentración de fosfatos de ríos y estuarios a valores casi constantes, independientemente de la remoción por parte de la biota o de la penetración debida a los escurrimientos continentales, proveyendo al sistema de una gran reserva potencial de fósforo reactivo para el crecimiento del fitoplancton, en adición al existente en el agua (29).

El modelo más simple del MAF establece que el proceso tiene lugar en dos pasos: una rápida (minutos u horas) absorción del fosfato en alguna superficie reactiva (a través de un intercambio iónico) seguida de una lenta (días y hasta meses) penetración vía difusión de estado sólido de este fosfato superficial en el interior de la partícula que lo atrapa. El proceso inverso también puede ocurrir, es decir, la lenta difusión de los fosfatos desde el interior de una partícula hasta su superficie seguida de una rápida liberación hacia la solución. En equilibrio estos dos procesos opuestos ocurren a la misma velocidad (29).

Observaciones de un comportamiento conservativo del fósforo disuelto en los estuarios han sido tan comunes que es imposible considerar a este fenómeno como una casualidad o una consecuencia del error experimental (Guerrero Galván, 1997; citado por Núñez, Ismael). Sin embargo, Philip W. Balls (citado por: Núñez, Ismael) quien es líder mundial en cuestiones relacionadas con nutrientes, parte de la consideración de que es precisamente el MAF el factor que tiene mayor influencia en el comportamiento no conservativo del fósforo disuelto en los estuarios. Así, cuando se minimizan los efectos del MAF, el fósforo se aproxima más y más a un comportamiento conservativo (29).

Dadas las características generales del MAF, es razonable anticipar que los efectos de las interacciones agua-partícula serán mínimos en un estuario de corto tiempo de descarga y de

baja turbidez, y serán máximos en aquellos turbios y de largo tiempo de descarga. Así, el comportamiento conservativo del fósforo es más probable en el primer tipo de estuario que en el segundo (29).

En el caso del Estero Real, sería recomendable determinar las concentraciones de fosfatos para poder conocer el Mecanismo de Amortiguamiento de los Fosfatos (MAF) ya que se desconoce.

### *Nitrógeno total*

Las cuencas fluviales recogen agua y dirigen sus cursos hacia los estuarios y otros cuerpos acuáticos. La deposición atmosférica aporta nitrógeno a los estuarios y sus cuencas fluviales. El nitrógeno entra en un estuario desde muchas fuentes, y solamente una parte proviene de la deposición atmosférica, siendo importante el tamaño del estuario y la cuenca fluvial para poder evaluar la contribución atmosférica en el total de nitrógeno que entra en un estuario (24).

Los suelos, plantas y animales retienen mucho del nitrógeno depositado en las cuencas hidrográficas. La mayor parte del nitrógeno restante deja estas cuencas en escurrimientos hacia corrientes y ríos. El agua subterránea que lleva nitrógeno puede igualmente entrar en estas vías acuáticas, que llegan hasta los estuarios (24).

En el año 2005, los valores máximos de nitrógeno total oscilaron entre 0.34-1.50 mg/l y los valores mínimos llegaron hasta 0.01 mg/l. Las estaciones en donde se registraron esos valores máximos corresponden a Palomino, Frixa, Palo Blanco, Llano verde y La Polvosa, siendo las mismas estaciones que registraron los valores máximos de fósforo total y que están localizadas en la parte más interna del Estero Real, en donde se produce una mezcla con el agua dulce.

En el año 2006, los valores máximos de nitrógeno total fueron entre 5.0-16.0 mg/l, observándose un aumento marcado del nitrógeno total con respecto al año anterior. Las estaciones que registraron los valores máximos fueron: Palomino, Cooprocám, Llano verde, La Polvosa (mismas estaciones con respecto al año anterior).

En la siguiente tabla, se observan los valores promedios anuales del nitrógeno total durante un período de seis años.

*Tabla No. 23*  
*Valores promedio de nitrógeno total*  
*Período 2001-2006*

<b>Año</b>	<b>Nitrógeno total mg/l</b>
2001	0.19
2002	0.20
2003	0.11
2004	0.18
2005	0.26
2006	1.59



Como se puede observar en la tabla no. 23, el nitrógeno total tiene un comportamiento ascendente, registrándose un promedio anual de de 0.19 mg/l hasta alcanzar un promedio anual de 1.59 mg/l para el año 2006.

Retomando el estudio que fue realizado durante el período de 1993 hasta 1998, sobre monitoreo de la calidad de agua en esteros y la capacidad de carga de los mismos, en la región camaronera de Honduras, las concentraciones de nitrógeno total en el estero San Bernardo en relación a la desembocadura del estero, el nitrógeno total alcanzó valores hasta de 1.85 mg/l, siendo valores un poco más altos que los registrados en el Estero Real de Nicaragua durante el período 2001-2006.

El nitrógeno tiene efectos únicos en cada estuario, favorece el crecimiento de algas. Estas plantas acuáticas microscópicas enturbian el agua y bloquean la luz del sol, lo cual puede interferir con la productividad de la fauna y flora acuática, así como afectar a la temperatura y las corrientes de agua. Por ejemplo, las algas pueden inhibir el crecimiento de la flora marina que ofrece un hábitat a los peces y mariscos (24).

Aunque las algas vivas pueden degradar el hábitat, las algas en descomposición pueden también causar efectos mientras completan su ciclo vital, se hunden y descomponen. La descomposición de las algas y otra materia inerte elimina el oxígeno de las aguas profundas y puede llevar a la hipoxia, una condición en que existe un nivel bajo de oxígeno. La hipoxia tiene impactos negativos en los grupos de organismos de las profundidades tales como cangrejos, ostras, mejillones y almejas (24).

En el caso del Estero Real, la productividad primaria es baja, solamente existen tres clases de la comunidad fitoplanctónica y zooplanctónica, la transparencia es alta y las concentraciones de oxígeno disuelto son bajas pero no se han registrado estados de hipoxia. Sería importante realizar estudios para poder determinar las concentraciones de algas en el Estero Real.

Aunque el fósforo ha sido considerado tradicionalmente como el principal nutriente limitante para el crecimiento de las algas en los ecosistemas acuáticos continentales, existe en la actualidad una evidencia creciente de que el nitrógeno también puede actuar como nutriente limitante, sobre todo en aquellos casos de sobre-enriquecimiento por fósforo y disminuir el valor del cociente N:P. Contrariamente, en estuarios y ecosistemas costeros, el nitrógeno ha sido identificado generalmente como el principal nutriente limitante. No obstante, en los casos en que se produce una entrada significativa de nitrógeno, el valor del cociente N:P suele aumentar marcadamente, pudiendo devenir entonces el fósforo en nutriente limitante. Otros elementos químicos, como Si y Fe, también pueden influir en el crecimiento y abundancia de las algas pero, en general, con menor relevancia que N y P (3).

Estudios que han sido realizados en España sobre la contaminación por nitrógeno inorgánico en los ecosistemas acuáticos, han establecido criterios de calidad de agua en el cual, las concentraciones de nitrógeno total dentro del rango de 0.5-1.0 mg/l pueden ser adecuados para prevenir procesos de acidificación y eutrofización en los ecosistemas acuáticos (al menos por nitrógeno) y al mismo tiempo, proteger a los animales acuáticos de los efectos tóxicos de los compuestos nitrogenados. Este rango no sería aplicable en el caso de ecosistemas que de manera natural presentan niveles altos de nitrógeno (3).

**DBO<sub>5</sub>**

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) corresponde a la cantidad de oxígeno consumido para la degradación bioquímica de la materia orgánica contenida en una muestra de agua, durante un intervalo de tiempo específico y a una temperatura determinada (9).

La DBO aporta una medida (indirecta) de la materia orgánica presente a través de la cantidad de oxígeno que se necesita para estabilizarla (degradarla, oxidarla) a través de procesos biológicos. Dado que se hace referencia a procesos biológicos, y como lo expresa la definición, es preciso definir a qué temperatura y durante qué intervalo de tiempo se realiza el ensayo –ya que la temperatura del medio condiciona la actividad metabólica de los seres vivos–; normalmente la DBO se determina por cultivo a temperatura constante de 20°C. A su vez, se fija la duración del ensayo en 5 días, por lo que suele hablarse de DBO<sub>5</sub>, 20° ó, simplemente, de DBO<sub>5</sub> (9).

La determinación de laboratorio de la DBO<sub>5</sub> se realiza a partir de diferencias en el contenido de Oxígeno Disuelto de la muestra antes y después del cultivo. Es importante tener en cuenta que existen inhibidores de los procesos biológicos (tóxicos, etc.) que pueden llevar a obtener bajos valores de DBO<sub>5</sub> cuando en realidad puede haber un elevado contenido de materia orgánica biodegradable (9).

En el año 2005, los valores de DBO<sub>5</sub> oscilaron entre 15.30-5.28 mg/l, registrándose el valor más alto en el punto de muestreo Perejiles. En el año 2006, los valores de DBO<sub>5</sub> oscilaron entre 6.0-1.78 mg/l, siendo la estación Perejiles la que registró el valor más alto; lo que significa que Perejiles es la estación que registró los valores más altos durante esos dos años. En la siguiente tabla se presenta el comportamiento del DBO<sub>5</sub> durante el período 2001-2006.

*Tabla No. 24*  
*Valores promedio de DBO<sub>5</sub>*  
*Período 2001-2006*

<b>Año</b>	<b>DBO<sub>5</sub> mg/l</b>
2001	3.01
2002	4.05
2003	4.70
2004	5.04
2005	3.50
2006	1.57

Los resultados presentados en la tabla anterior, indican que durante el período 2001-2004 el promedio anual de la DBO<sub>5</sub> presentó un comportamiento ascendente, disminuyendo en los años 2005 y 2006.

Resultados del estudio realizado durante el período de 1993 hasta 1998, sobre un monitoreo de la calidad de agua en esteros y la capacidad de carga de los mismos, en la región camaronera de Honduras, reportan valores máximos de DBO<sub>2</sub> de 4.90 mg/l en un punto del río Choluteca, 7.00 mg/l en un punto de la Bahía Lorente y hasta 8.30 mg/l en un punto de la parte ribereña de Finca Sur (24).



Como se puede observar, los valores promedios de  $\text{DBO}_5$  reportados por UCA-CIDEA durante el período de 2001-2006 son similares a los reportados en Honduras durante el período 1993-1998. Sin embargo, los valores máximos alcanzados han sido cerca de 16.0 mg/l en el punto Perejiles, correspondiendo al año 2005 y cerca de 7.0 mg/l en el año 2006, correspondiendo al mismo punto de muestreo. Sin embargo, no ha sido uno de los puntos que presente valores altos de fósforo total y nitrógeno total.

Como se sabe, aparte de los impactos en la afluencia de sedimentos en los estuarios, existen otras amenazas a la calidad del agua y el funcionamiento del ecosistema. Históricamente, la preocupación sobre la contaminación del agua se centró inicialmente en “fuentes puntuales”, las cuales son fácilmente identificables como pueden ser una industria, planta de tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, en muchos casos, se ha comprobado que las fuentes difusas “no puntuales” que se acumulan como resultado de las prácticas agrícolas, la escorrentía urbana y el transporte de la atmósfera son de importancia mayor o igual. Las fuentes no puntuales de contaminantes son mucho más difíciles de regular y controlar (30).

### **Amonio**

Las concentraciones relativas de ion amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y amoniaco no ionizado ( $\text{NH}_3$ ) dependen básicamente del pH y de la temperatura del agua (Russo, 1985; citado por: Camargo, J.; Alonso, A.; 2007), a medida que los valores de pH y temperatura aumentan, la concentración de  $\text{NH}_3$  también aumenta pero la concentración de  $\text{NH}_4^+$  disminuye (4).

Los valores máximos de amonio durante los años 2005 y 2006 oscilaron entre 0.11-0.1 mg/l, en la siguiente tabla se presentan los valores de amonio para un período de 6 años:

*Tabla No. 25*  
*Valores promedio de Amonio*  
*Período 2001-2006*

<b>Año</b>	<b><math>\text{NH}_3\text{-N}</math> mg/l</b>
2001	0.24
2002	0.14
2003	0.16
2004	0.10
2005	0.04
2006	0.06

Como se observa en la tabla no. 25, el amonio ha tenido un comportamiento descendente durante el período 2001-2006, oscilando entre 0.24-0.04 mg/l.

En la tabla no. 26, se presentan los valores promedios de amonio, temperatura y pH durante un período de 6 años:

Tabla No. 26  
Valores promedio de Amonio, temperatura y pH  
Período 2001-2006

Año	NH <sub>3</sub> -N mg/l	Temperatura °C	pH
2001	0.24	29.7	7.7
2002	0.14	29.5	7.5
2003	0.16	29.7	7.8
2004	0.10	29.4	7.7
2005	0.04	29.3	7.7
2006	0.06	29.3	7.6

Como se puede observar en la tabla anterior, sí existe una relación directamente proporcional entre la temperatura y el amonio, indicando que a mayor temperatura mayor amonio; no así con el pH, no existe una relación directamente proporcional entre el pH y el amonio.

Concentraciones elevadas de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> y NO<sub>3</sub><sup>-</sup> pueden, por tanto, promover el desarrollo, mantenimiento y proliferación de los productores primarios (fitoplancton, algas bentónicas, macrófitos), contribuyendo al muy extendido fenómeno de la eutrofización cultural de los ecosistemas acuáticos (Wetzel, 2001; Anderson et al., 2002; Smith, 2003; EEA, 2005; citado por: Asociación española de Ecología terrestre (2004)).

Se sabe que el Estero Real, es un estero que presenta valores muy bajos de clorofila a, indicando una pobre productividad primaria y que el gradiente de salinidad cumple una función muy importante en la determinación de la distribución de comunidades de plantas, animales y microorganismos dentro del estuario, por ello se dice que los estuarios no son centros de biodiversidad (30).

### **Nitratos**

El exceso de nitrógeno o fósforo en los lagos y aguas costeras se asocian casi siempre a las descargas de aguas servidas. Las concentraciones de nitratos deben expresarse siempre como nitrógeno elemental. Así el nitrato se expresa como nitrógeno del nitrato (NO<sub>3</sub> - N) en miligramos por litro (es decir, 14 gramos de nitrógeno por molécula de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) y nunca como NO<sub>3</sub> (es decir, 62 gramos por molécula NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). La mayor parte de aguas naturales tienen niveles de nitrato menores a un 1 mg/l de nitrógeno del nitrato, pero también se encuentran concentraciones superiores a 10 mg/l de nitrógeno del nitrato en algunas zonas (33).

En los años 2005-2006, los valores máximos de nitrato alcanzado fueron de 3.8 y 15.1 mg/l respectivamente, observándose un comportamiento ascendente y las estaciones que registraron los valores más altos fueron La Polvosa, Puente Real y Los Perejiles.

En la siguiente tabla, se presenta el comportamiento del nitrato para un período de seis años:

Tabla No. 27  
Valores promedio de Nitrato



Período 2001-2006

Año	NO <sub>3</sub> -N mg/l
2001	0.24
2002	0.15
2003	0.18
2004	0.62
2005	0.64
2006	1.1

Los resultados presentados en la tabla No. 27, indican que el nitrato en los años 2004 al 2006 ha presentado un comportamiento ascendente y sólo en los años 2002 y 2003 disminuyó con respecto al año 2001. Así mismo, los valores promedios registrados se encuentran en concentraciones menores a 1.0 mg/l de nitrógeno del nitrato, común en aguas naturales.

Las estaciones de muestreo que han presentado los valores más altos durante los 6 años son: Puente Real, Torrecillas, La Polvosa, Dos Aguas Grandes, Palomino, El Chorro, Camilo Ortega y Dos Agüitas.

El nitrato es estable ante una gran variedad de condiciones medioambientales y es fácilmente transportado en aguas superficiales y subterráneas (24).

### **Nitritos**

El ión nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) y el ácido nitroso (HNO<sub>2</sub>) están estrechamente relacionados a través del equilibrio químico  $\text{NO}_2^- + \text{H}^+ \leftrightarrow \text{HNO}_2$ . Las concentraciones relativas de NO<sub>2</sub><sup>-</sup> y HNO<sub>2</sub> dependen básicamente del pH del agua (Russo, 1985): a medida que el valor de pH aumenta, la concentración de NO<sub>2</sub><sup>-</sup> también puede incrementar, pero la concentración de HNO<sub>2</sub> disminuye.

Tanto el ión nitrito como el ácido nitroso son bastante tóxicos. Sin embargo, debido a que en los ecosistemas acuáticos la concentración de NO<sub>2</sub><sup>-</sup> suele ser mucho mayor que la concentración de HNO<sub>2</sub>, los iones nitrito son considerados los principales responsables de la toxicidad para los animales. La acción tóxica de NO<sub>2</sub><sup>-</sup> es debida fundamentalmente a la conversión de los pigmentos respiratorios (hemoglobina, hemocianina) en formas que son incapaces de transportar y liberar oxígeno (meta-hemoglobina, meta-hemocianina), lo cual puede causar asfixia y en último término la muerte (3).

Las plantas, tanto en el agua salada como en el agua dulce, requieren de tres nutrientes mayores para su crecimiento: carbono, nitrógeno y fósforo. De hecho, la mayoría tienden a utilizar los tres nutrientes en la misma proporción y no pueden crecer si la cantidad de alguno de ellos no es suficiente. El carbono es relativamente abundante en el aire como dióxido de carbono, el cual se disuelve en el agua, de modo que una falta de nitrógeno o de fósforo generalmente limita el crecimiento de las plantas acuáticas (33).

En la siguiente tabla, se presenta el comportamiento del nitrito para un período de seis años:

**Tabla No. 28**  
**Valores promedio y máximo de Nitrito, promedio de pH**  
**Período 2001-2006**

<b>Año</b>	<b>Promedio (NO<sub>2</sub>-N) mg/l</b>	<b>Máximo (NO<sub>2</sub>-N) mg/l</b>	<b>pH</b>
2001	0.03	0.42	7.7
2002	0.03	0.23	7.5
2003	0.02	0.15	7.8
2004	0.02	0.18	7.7
2005	0.02	0.10	7.7
2006	0.02	0.10	7.6

Los resultados presentados en la tabla No. 28, indican que durante un período de seis años el promedio de nitrito ha oscilado entre 0.03-0.02 mg/l, registrándose el mismo valor promedio de 0.02 mg/l durante el período 2003 al 2006. Con respecto al valor máximo anual se observó un comportamiento descendente, manteniéndose estable en los últimos dos años del estudio (0.10 mg/l). Si hacemos una relación del nitrito con respecto al pH, se observa que tanto el nitrito como el pH son constantes durante todo el período, lo que significa que existe una relación directamente proporcional entre el pH y el nitrito, confirmando la relación que existe entre ambos parámetros mencionado en párrafos anteriores.

El nitrógeno existe en los cuerpos de agua de múltiples formas: nitrógeno molecular disuelto (N<sub>2</sub>), compuestos orgánicos, amoníaco (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), nitritos (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) y nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). De todos estos, los nitratos son, por lo general, los más importantes. El nitrito normalmente se encuentra en aguas subóxicas las que presentan bajos niveles de oxígeno disuelto (33, 31).

Lo mencionado anteriormente indica que en el Estero Real las concentraciones de nitrito son relativamente bajas y constantes, existiendo una relación con el pH, el cual también presente un comportamiento constante a través de los años.

### **Dureza total**

La dureza total es la suma de las concentraciones de calcio y magnesio, evaluada como carbonato de calcio. En la siguiente tabla se presentan los valores promedio de dureza total para un período de 6 años:

**Tabla No. 29**  
**Valores promedio, máximo y mínimo de Dureza total**  
**Período 2001-2006**

<b>Año</b>	<b>Promedio (mg/l)</b>	<b>Máximo (mg/l)</b>	<b>Mínimo (mg/l)</b>
2001	60,988	47,794	408.0
2002	4,433	17,228	204.0
2003	7,186	20,400	306.0
2004	3,417	11,970	323.0
2005	3,480	10,165	123.0
2006	3,564	7,800	75.0



En la tabla no. 29, se observa que la dureza total en los años 2001 al 2004 presenta un comportamiento descendente, siendo en los años 2001-2002 donde disminuyen los valores drásticamente. En los años 2005-2006 se observa un comportamiento ascendente. El valor máximo para todo el período (2001-2006) corresponde al año 2001 y el valor mínimo para ese mismo período corresponde al año 2006 (75 mg/l).

Las estaciones que han presentado los valores más altos de dureza total son aquellas muy próximas al Golfo de Fonseca, con valores altos de salinidad. En la siguiente tabla se presenta las estaciones de muestreo que han presentado los valores de dureza total más altos durante un período de seis años:

*Tabla No. 30*  
*Estaciones de muestreo y Valores promedio de Dureza total*

<b>Año</b>	<b>Estación de muestreo</b>	<b>Dureza total promedio (mg/l)</b>
2001	Perejiles	8,335
	El Chorro	7,161
	Camilo Ortega	7,083
	Torrecillas	6,610
2002	El Chorro	5,691
	Dos aguas grandes	6,180
	Camilo ortega	5,355
	Torrecillas	7,383
2003	Chorro	10,047
	Dos aguas grandes	10,217
	Camilo ortega	9,987
	Dos agüitas	8,848
2004	El Chorro	4,235
	Camilo ortega	4,276
	Torrecillas	4,025
2005	El Chorro	4,627
	Camilo ortega	4,457
	Torrecillas	4,281
2006	El Chorro	4,518
	Torrecillas	4,529

Por lo general, el Estero Real siempre ha presentado valores altos de dureza total.

### **Alcalinidad total**

La alcalinidad es una indicación de los compuestos alcalinos o "básicos" que están presentes en el agua (24). Regularmente se presentan en forma de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de calcio, potasio, sodio y magnesio. Los límites razonables de la alcalinidad están entre 30 mg/l y 250 mg/l. Cada compuesto produce su alcalinidad específica, pero para los fines de calidad y/o tratamiento del agua se considera la suma de todas ellas siendo así la Alcalinidad Total (19).

En la siguiente tabla, se presenta el comportamiento de la alcalinidad total durante un período de seis años:

*Tabla No. 31*  
*Valores promedio, máximo y mínimo de alcalinidad total*  
*Período 2001-2006*

<b>Año</b>	<b>Promedio (mg/l)</b>	<b>Máximo (mg/l)</b>	<b>Mínimo (mg/l)</b>
2001	198.92	255.92	131.32
2002	195.17	262.13	136.53
2003	206.97	290.35	132.64
2004	172.89	244.90	111.77
2005	154.35	231.20	103.10
2006	216.62	300.30	139.30

Durante el período 2001-2006 la alcalinidad total ha fluctuado entre 154-216 mg/l, registrándose valores máximos hasta de 300 mg/l y mínimos de 103 mg/l.



## VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se han observado cambios en la calidad del agua del Estero Real en un período de seis años (2001-2006), algunos parámetros como la salinidad, sólidos suspendidos totales, sólidos sedimentables, fósforo total, nitrógeno total, clorofila a, han incrementado. Esto significa que se observa un enriquecimiento del agua. Así mismo, algunos parámetros han presentado diferencias estacionales como es el caso de los sólidos suspendidos totales y el fósforo total, en donde los valores más altos se registran en el período de verano. Otros parámetros, como la dureza total, alcalinidad total, han presentado una disminución con respecto a los años.

El Estero Real se clasifica como un Estuario verticalmente mezclado, en donde los perfiles verticales de salinidad muestran una salinidad uniforme pero también un incremento de salinidad de estación a estación conforme se aproxima el final exterior del estuario. Es necesario realizar una interpretación de los perfiles verticales de temperatura-salinidad-oxígeno disuelto que fueron realizados en los años 2001 al 2005 en 11 estaciones de muestreo para poder determinar con exactitud la existencia de una salinidad uniforme verticalmente y relacionar la distribución de las especies de fitoplancton presentes en el estuario con la variabilidad que presenta la salinidad en la columna de agua y entre estación de muestreo.

Así mismo, es necesario interpretar la información de datos de velocidad de la corriente para determinar si aún se mantiene el tiempo de recambio (de 30 a 45 días desde Puerto Morazán hasta la boca del Golfo y más de 90 días desde diferentes puntos aguas arriba del mismo Puerto) ó si ha habido variabilidad al respecto.

La conductividad tiende a aumentar con la temperatura pero no con la salinidad, por lo que los valores más altos se registran en el período de verano. El Estero se caracteriza por ser ligeramente alcalino y no depende de la temperatura del agua. Entre estaciones de muestreo y a lo largo de los años no se identifican cambios con respecto al pH.

La temperatura del agua presenta un patrón definido en el año, incrementa en el mes de marzo, alcanza valores altos en los meses de mayo y junio, descendiendo a partir del mes de octubre. Las variaciones en el año en todas las estaciones de muestreo son entre 4.0-5.0°C y existe una diferencia de 2.0°C entre la temperatura del aire y la del agua.

No existe una relación inversamente proporcional entre la temperatura del agua y el oxígeno disuelto, por lo que las variaciones del oxígeno disuelto se deben a factores externos.

Existe una relación entre las estaciones del año (invierno-verano) con los sólidos suspendidos totales, lo cual se demuestra con las altas concentraciones de sólidos registrados durante el verano, disminuyendo significativamente en el invierno. Es necesario realizar un análisis integral en donde se pueda comprender e interpretar el proceso de erosión de los suelos, principalmente de la parte alta de la cuenca con factores que influyen directamente como son la dirección de los vientos, la vegetación, la deforestación, pendiente del suelo, épocas de período de preparación de los suelos para la siembra de cultivos (maní, sandía, maíz y otros cultivos que se producen) que facilitan los procesos erosivos de los suelos.

Así mismo, es necesario estudiar el tipo de suelo de la cuenca del Estero Real ya que se sabe que son entisoles (suelos jóvenes minerales, escasamente desarrollados y evolucionados debido a aluviones y proceso erosivos) susceptibles a ser erosionados. De igual manera, el estudio de velocidad de corriente y de mareas va a permitir comprender mejor la dinámica de éstos.

Con respecto a la productividad primaria, el Estero Real presenta valores altos de transparencia y valores muy bajos de clorofila *a*, indicando una pobre productividad primaria. Es necesario investigar y realizar estudios que permitan determinar si existe algún factor externo que inhibe la productividad primaria del estuario ya que se sabe que los estuarios son ecosistemas altamente productivos.

Se recomienda realizar estudios sobre la afluencia del agua dulce en el Estero y los impactos que se producen por la alteración de la misma. La disminución de la afluencia de agua dulce puede reducir el tamaño real de un estuario y aumentar los impactos de la contaminación, la sobrepesca y la destrucción del hábitat. La deforestación, la conversión de las tierras naturales para la agricultura y el desarrollo urbano mal planificado pueden causar un aumento en los flujos de agua dulce a los estuarios.

Los impactos de la alteración de la afluencia de agua dulce ocasionan alteración de las cantidades y el momento de la afluencia de agua dulce (cantidad, pulsos, calidad), impactos en las mezclas y los gradientes de salinidad, impactos sobre el tiempo de residencia del agua, impactos en la afluencia de sedimentos y otras amenazas a la calidad del agua.

De igual forma, la interrupción o alteración de la circulación de las mareas, ocasionada por canalización; construcción de diques para acuicultura o la construcción de carreteras sobre rellenos, pueden ocasionar un incremento de la salinidad y mortandad masiva de manglares. Además, se inhibe el movimiento de organismos hacia y desde el manglar, así como el transporte de materia orgánica hacia el Estero.

Existen diferencias estacionales del fósforo total a través de los años, la mayor concentración de fósforo total corresponde al período de invierno para el período 2001-2003. En los últimos tres años (2004-2006) el fósforo total es mayor en el verano que en el invierno. Se determina un enriquecimiento de las aguas del Estero Real mediante el aporte de nutrientes, en algunas situaciones, los nutrientes disponibles se absorben tan rápidamente que las concentraciones en el agua se mantienen bajas aún cuando predominan condiciones eutróficas, por lo que se recomienda mantener monitoreos de calidad de agua en el Estero y en fuentes puntuales y móviles.

Se recomienda tratar de integrar la ciencia con la gobernabilidad en el manejo del Estero Real, el cual está basado en el ciclo del Manejo Costero Integrado. Este proceso busca comprender y comunicar los intereses de los diversos grupos de interesados en el ecosistema (Esteros Reales) corriente arriba y corriente abajo, quienes han de negociar planes y políticas, toma de decisiones y que posteriormente establecen un monitoreo, educación y ejecución para poder apoyar las decisiones y los planes adoptados.



Para un buen gobierno se deben apoyar en la generación e incorporación de conocimientos válidos que permitan a todos los usuarios del Estero prever las consecuencias de los diferentes planes de acción, siendo el punto central el manejo adaptativo utilizado para mejorar la gobernabilidad del ecosistema.

De forma general, se mencionan los pasos esenciales:

- Identificar los problemas y formar grupos de apoyo.
- Formular políticas de Manejo Integrado del Recurso Hídrico y estrategias para su implementación.
- Negociar y formalizar las metas, las políticas y las estructuras institucionales para la protección del Estero.
- Implementar el programa de Manejo Integrado del Recursos Hídricos de manera adaptativa.
- Evaluar el Programa y aprender de los resultados.

## VII REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- (1) American Public Health Association. (1998). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20th Edition.
- (2) ANDAH, SAG. PD/A CRSP. (1997-1998). *Monitoreo de la calidad de agua en esteros y la capacidad de carga de los esteros*. 17 páginas.
- (3) Asociación española de Ecología terrestre. (2004). *Contaminación por nitrógeno inorgánico en los ecosistemas acuáticos: problemas medioambientales, criterios de calidad del agua, e implicaciones del cambio climático*. Revista Ecosistemas. Madrid, España.
- (4) Camargo, J.A.; Alonso, A. (2007). *Contaminación por nitrógeno inorgánico en los ecosistemas acuáticos: problemas medioambientales, criterios de calidad de agua e implicaciones del cambio climático*. Madrid, España. 13 páginas.
- (5) CIDEA-UCA (2001). *Monitoreo del Estero Real 2000*. Managua, Nicaragua. 62 páginas.
- (6) CIDEA-UCA (2001). *Monitoreo del Estero Real 2001*. Managua, Nicaragua. 146 páginas.
- (7) CIDEA-UCA (2001). *Monitoreo del Estero Real 2002*. Managua, Nicaragua. 158 páginas.
- (8) CIDEA-UCA (2006). *Línea de Base y referencia de Governance Puerto Morazán*. Managua, Nicaragua. 64 páginas.
- (9) CRC-IMFIA. (2004). *Plan de monitoreo ambiental de la cuenca del río Cuareim-argen Izquierda*. 81 páginas.
- (10) Curie, David. (1994). *Ordenamiento de la Camaronicultura. Estero Real, Nicaragua*. 110 páginas.
- (11) Estado libre asociado de Puerto Rico. Oficina de la Gobernadora. Junta de Calidad Ambiental. (2003). *Contaminación de agua*. 15 páginas.
- (12) *Estuarios*. <http://www.es.flinders.edu.au/~mattom/IntroOc/notes/lectura12.html>
- (13) Guerrero, José Francisco. (2003). *Clima, datos meteorológicos*. Dirección General de Meteorología, INETER.
- (14) [http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/12/htm/sec\\_17.html](http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/12/htm/sec_17.html)  
*Propiedades químicas del agua de mar: Salinidad, Clorinidad y pH.*
- (15) <http://www.tutiempo.net/clima/Chinandega/12-2006/787390.htm>
- (16) <http://ctp.uprm.edu/jobos/educacion/estuarios.html>. Información tomada de:

-Publicación “Los Estuarios” de la Oficina de Educación y Publicaciones del Departamento de Recursos Naturales. Auspiciado por el Programa de Manejo de la

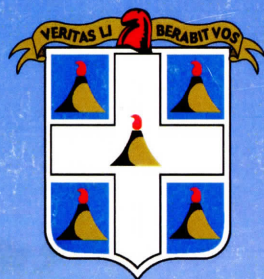


Zona Costanera bajo la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos. //Publicado en Enero 1985.

-Publicación "Charla sobre Estuarios" de la Reserva de Bahía de Jobos.

- (17) <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p3-oxigeno.pdf>. **Manual de Ecología Microbiana. Nutrientes y Gases: Oxígeno Disuelto. Tercera parte.**
- (18) <http://www.infojardin.net/glosario/ejemplar/entisol-entisoles.htm>
- (19) <http://www.globe.gov/sda/tg97es/hidrologia/introduccion.html>
- (20) <http://ctp.uprm.edu/jobos/educacion/estuarios.html>
- (21) <http://www.swrcb.ca.gov>. **Folleto informativo Conductividad eléctrica/Salinidad.** 4 páginas.
- (22) [http://despertandoconcienciaplanetaria.wikispaces.com/contaminacion\\_agua](http://despertandoconcienciaplanetaria.wikispaces.com/contaminacion_agua).
- (23) [http://www.tesisenxarxa.net/TESIS\\_UB/AVAILABLE/TDX-0521104-124904/2.NUTRIENTES.pdf](http://www.tesisenxarxa.net/TESIS_UB/AVAILABLE/TDX-0521104-124904/2.NUTRIENTES.pdf). 46 páginas.
- (24) <http://cuc.unk.edu>.: Programa Nacional de Deposición Atmosférica. **El Nitrógeno.** 18 páginas.
- (25) <http://www.ambiente-ecologico.com/067-02-2000/juannicolasfania67.htm>: **Evaluación rápida de la contaminación hídrica.** (2000).
- (26) Jaillard; Etienne. (1993). **Los Estuarios: Modelo sedimentario.** (Segun Roy et al. 1980, Allen 1991, Dalrymple et al. 1992).
- (27) Lezama, Martín (2000). **Ficha informativa de los humedales Ramsar: Deltas del Estero Real y Llanos de Apacunca.**Pp. 4-7, 11-16. Managua, Nicaragua.
- (28) Mackenzie, F.T.; Mackenzie, J.A. (1995). **Our Changing Planet: An Introduction to Earth System Science and Global Environmental Change.** Prentice Hall, New Jersey.
- (29) Núñez Riboni, Ismael (1999). **El Comportamiento Conservativo del Fósforo en los Estuarios: Un Acercamiento a través del Mecanismo de Amortiguamiento del Fósforo.** Mazatlán, México. 14 páginas.
- (30) Olsen, Stephen; Padma, V.; Richter, Brian. **Guía para el manejo del flujo de agua dulce a los estuarios.** 44 páginas.
- (31) Por, 1972. <http://es.wikipedia.org>
- (32) SINIA-MARENA. (2005). **Atlas Escolar.** Managua, Nicaragua. 23 páginas.
- (33) T.E. Graedel; P.J. Crutzen. (1993) **Atmospheric Change: An Earth System Perspective.** W.H. Freeman and Company, New York.





**UCA**  
Universidad  
Centroamericana

**2007**

Este documento es una publicación del  
Centro de Investigación de Ecosistemas Acuáticos (CIDEA)

Universidad Centroamericana (UCA)

Apartado: 69. Managua, Nicaragua.

Teléfono: (505) 278-3930

Telefax: (505) 278-1492

Correo Electrónico: [cidea@ns.uca.edu.ni](mailto:cidea@ns.uca.edu.ni)

Sitio Web: <http://www.cidea.edu.ni> / [www.uca.edu.ni](http://www.uca.edu.ni)